

Universidade Federal de Campina Grande

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO TEMÁTICO

DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

**COMPORTAMENTO DO SISTEMA ANAERÓBIO -AERÓBIO COM
O REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE
LODO E O SISTEMA DE LODO ATIVADO NO TRATAMENTO DE
ESGOTO DOMÉSTICO NA REGIÃO TROPICAL**

Por

MÔNICA DE AMORIM COURA

Prof. Dr. Adrianus Cornelius Van Haandel

Orientador

CAMPINA GRANDE/PB

JULHO/2002

MÔNICA DE AMORIM COURA

**COMPORTAMENTO DO SISTEMA ANAERÓBIO - AERÓBIO COM O REATOR
ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO E O SISTEMA
DE LODO ATIVADO NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA
REGIÃO TROPICAL**

5005-80-88 2005

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Recursos Naturais do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para a obtenção do Grau de Doutor.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

Prof. Dr. Adrianus Cornelius Van Haandel
Orientador

CAMPINA GRANDE/PB

2002



C858c
2002 Coura, Mônica de Amorim
Comportamento do sistema anaeróbio-aeróbio com reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo e o sistema de lodo ativado no tratamento de esgoto doméstico na região tropical/ Mônica de Amorim Coura. – Campina Grande: UFCEG, 2002.

220 p. : il.

Tese (Doutorado). UFCEG/CCT
Inclui bibliografia

1. Sistema Anaeróbio-Aeróbio 2. Reator Uasb 3. Lodo Ativado 4. Bardenpho 5. Nitrificação-Desnitrificação I. Título

CDU: 628.2/3

MÔNICA DE AMORIM COURA

**COMPORTAMENTO DO SISTEMA ANAERÓBIO-AERÓBIO COM O
REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE
LODO E O SISTEMA DE LODO ATIVADO NO TRATAMENTO DE
ESGOTO DOMÉSTICO NA REGIÃO TROPICAL**

APROVADA EM: 29/07/2002

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Adrianus Cornelius Van Haandel

Departamento de Engenharia Civil - DEC
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG


Prof. Dr. Henio Normando de Souza Melo

Departamento de Engenharia Química - DEQ
Centro de Tecnologia - CT
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN


Prof. Dr. Ricardo Silveira Bernardes

Departamento de Engenharia Civil - ENC
Faculdade de Tecnologia - FT
Universidade de Brasília - UnB


Prof. Dr. José Tavares de Sousa

Centro de Tecnologia - CT
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB


Prof. Dr. Rui de Oliveira

Departamento de Engenharia Civil - DEC
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Q

Michel e Caroline

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Adrianus Cornelius Van Haandel pela orientação do trabalho.

Ao Prof. Dr. Rui de Oliveira pelo apoio e incentivo contínuos durante a realização deste trabalho.

A Paula Frassinetti pelo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

Aos técnicos Nélia e Romário pelo apoio, colaboração e amizade nos trabalhos de laboratório, de manutenção e operação do sistema experimental.

Aos colegas Carlos Fernandes, Annemarie, Beatriz e Selma, professores da área de Engenharia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, pelo apoio e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários Alves, Cristina, Valmária, Claudionor e Maria José pela amizade e apoio prestado.

Às colegas Patrícia e Celeide pelo companheirismo, cooperação e amizade.

A Adriana, Eudes e Betânia pela ajuda nas análises de laboratório.

À equipe do PROSAB, Erly, Gilson, Malba, Francisco e Júnior pelo companheirismo e apoio na montagem do sistema experimental.

A Sergio pelos trabalhos de computação.

A minha amiga Isabel pela amizade e incentivo diário.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e FINEP que através de apoio financeiro possibilitaram a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xxii
RESUMO	xxv
ABSTRACT	xxvi
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO 3 – REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 METABOLISMO BACTERIANO DOS PROCESSOS BIOLÓGICOS DE TRATAMENTO.....	4
3.2 MEDIDAS DO CONTEÚDO ORGÂNICO.....	6
3.3 TRATAMENTO ANAERÓBIO	7
3.3.1 Bioquímica da Digestão Anaeróbia	7
3.3.2 Fatores Ambientais Fundamentais na Digestão Anaeróbia	13
3.3.2.1 Temperatura	13
3.3.2.2 pH.....	15
3.3.2.3 Substâncias tóxicas	15
3.3.3 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo – UASB	17
3.3.3.1 Partida de um reator.....	20
3.3.3.2 Produção e características de lodo	21
3.4 TRATAMENTO AERÓBIO COM LODO ATIVADO	23
3.4.1 Descrição do Sistema de Lodo Ativado	24
3.4.1.1 O sistema Bardenpho	24
3.4.2 Microbiologia do Processo.....	25
3.4.3 Remoção de Matéria Orgânica e Nitrogênio	26

3.4.3.1 Remoção de matéria orgânica.....	27
3.4.3.2 Remoção de nitrogênio	34
3.4.3.2.1 O material nitrogenado.....	34
3.4.3.2.2 Processos que ocorrem com o material nitrogenado	34
3.4.3.2.3 Variação da alcalinidade.....	38
3.4.3.2.4 Consumo de Oxigênio.....	39
3.5 TRATAMENTO ANAERÓBIO/AERÓBIO	40
CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXPERIMENTAL	47
4.2 ALIMENTAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA EXPERIMENTAL.....	51
4.3 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	56
4.4 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS.....	61
4.4.1 Procedimentos Analíticos Especiais	62
4.4.1.1 Taxa de consumo de oxigênio	62
4.4.1.2 Teste de estabilidade.....	62
4.5 METODOLOGIAS DE DESCARGA DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB.....	65
4.6 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	68
4.7 BALANÇO DE MASSA	68
4.7.1 Balanço de Material Orgânico no Reator UASB	69
4.7.2 Balanço de Material Orgânico no Sistema de Lodo Ativado.....	71
4.7.3 Balanço de massa de nitrogênio no sistema de lodo ativado	75
4.7.4 Balanço de Massa de DQO no Sistema Anaeróbio/Aeróbio	79
CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	82
5.1 ESGOTO BRUTO AFLUENTE DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO	82
5.2 O REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO UASB	86
5.3 O SISTEMA DE LODO ATIVADO.....	103
5.4 O SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO	128
CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO.....	130
6.1 ESGOTO BRUTO AFLUENTE AO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO.....	130

6.2 O REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO (UASB).....	131
6.2.1 Desempenho.....	131
6.2.2 Estabilidade Operacional	134
6.3 O SISTEMA DE LODO ATIVADO.....	135
6.4 O SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO (UASB + BARDENPHO).....	141
6.4.1 Desempenho.....	141
6.4.2 Lodo de Excesso do Sistema Anaeróbio/aeróbio.....	143
6.4.3 Análise Comparativa entre o Sistema de Lodo Ativado com Digestor Convencional e o Sistema Anaeróbio/Aeróbio.....	144
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	147
7.1 CONCLUSÕES.....	147
7.2 RECOMENDAÇÕES.....	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
ANEXOS	157

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AAGV	– alcalinidade de ácidos graxos voláteis
AB	– alcalinidade de bicarbonato
AER	– aeróbio
af	– afluente
AGV	– ácidos graxos voláteis
ANI	– anóxico I
ANII	– anóxico II
atm	– atmosfera
B_n	– fator de recuperação de nitrogênio
$B_{o(LA)}$	– fator de recuperação de DQO do sistema de lodo ativado
$B_{o(S)}$	– fator de recuperação de DQO no sistema anaeróbio/aeróbio;
$B_{o(UASB)}$	– fator de recuperação de DQO do UASB
COV	– carga orgânica volumétrica
$DBO(DBO_5^{20})$	– demanda bioquímica de oxigênio
DEC	– decantador
DQO	– demanda química de oxigênio
EB	– esgoto bruto
ef	– efluente
Est	– estabilidade
f_{cv}	– relação DQO/SSV
f_m	– fração de lodo na zona anóxica
f_n	– fração de nitrogênio no lodo volátil
f_{sb}	– fração dissolvida da DQO biodegradável no afluente
f_{up}	– fração da DQO afluente não biodegradável e particulada
f_{us}	– fração da DQO afluente não biodegradável e dissolvida
f_v	– fração volátil do lodo
hab	– habitante

i	– número de pontos de amostragem;
LA	– lodo ativado
M	– massa total de lodo anaeróbio no UASB
$MN_{I(LA)}$	– massa diária de nitrogênio no lodo de excesso do sistema de lodo ativado
MN_d	– massa diária de nitrogênio desnitrificada no sistema de lodo ativado
$MN_{d(ANI)}$	– massa diária de nitrogênio desnitrificado no reator anóxico L
$MN_{d(ANII)}$	– massa diária de nitrogênio desnitrificada no reator anóxico II
$MN_{d(DEC)}$	– massa diária de nitrogênio desnitrificado no decantador
$MN_{d(LA)}$	– massa diária de nitrogênio desnitrificado no sistema de lodo ativado
$MN_{ta(LA)}$	– massa diária de nitrogênio total no afluente do sistema de lodo ativado
$MN_{te(LA)}$	– massa diária de nitrogênio total no efluente do sistema de lodo ativado
$MN_{NTKaf(LA)}$	– massa diária de NTK no afluente do sistema de lodo ativado
$MN_{NTK.ef(LA)}$	– massa diária de nitrogênio no sistema de lodo ativado
MO_c	– massa diária de oxigênio consumido para a oxidação do material orgânico no sistema de lodo ativado
MO_{eq}	– massa diária de oxigênio equivalente recuperado na desnitrificação
MO_n	– massa diária de oxigênio para a nitrificação no sistema de lodo ativado
MO_T	– massa total de oxigênio consumido no sistema de lodo ativado
$mS_{d(S)}$	– fração da DQO afluente digerida no sistema anaeróbio/aeróbio
$MS_{d(S)}$	– massa diária de DQO digerida no sistema anaeróbio/aeróbio
$MS_{d(UASB)}$	– massa diária de DQO digerida no UASB
MS_o	– massa diária de DQO oxidada
$MS_{o(LA)}$	– massa diária de DQO oxidada no sistema de lodo ativado
$MS_{o(S)}$	– massa diária de DQO oxidada no sistema anaeróbio/aeróbio
MS_{ta}	– massa diária de DQO no afluente
$MS_{ta(LA)}$	– massa diária de DQO no afluente do sistema de lodo ativado

$MS_{ta(UASB)}$	– massa diária de DQO no afluente do UASB
MS_{te}	– massa diária de DQO no efluente
$MS_{te(LA)}$	– massa diária de DQO no efluente do sistema de lodo ativado
$MS_{te(S)}$	– massa diária de DQO no efluente do sistema anaeróbio/aeróbio
$MS_{te(UASB)}$	– massa diária de DQO no efluente do UASB anaeróbio/aeróbio
$MS_{x(LA)}$	– massa diária de DQO no lodo de excesso do sistema de lodo ativado
$MS_{x(S)}$	– massa diária de DQO no lodo de excesso no sistema anaeróbio/aeróbio
$MS_{x(UASB)}$	– massa diária de DQO no lodo de excesso do UASB
MS_x	– massa diária de DQO no lodo de excesso
M_x	– massa diária de lodo de excesso descarregada do UASB
$mS_o(LA)$	– fração da DQO afluente oxidada no sistema de lodo ativado
$mS_o(S)$	– fração da DQO afluente oxidada no sistema anaeróbio/aeróbio
$mS_{te(LA)}$	– fração da DQO afluente no efluente do sistema de lodo ativado
$mS_{te(S)}$	– fração da DQO afluente no efluente do sistema anaeróbio/aeróbio
$mS_{x(LA)}$	– fração da DQO afluente no lodo de excesso do sistema de lodo ativado
$mS_{x(S)}$	– fração da DQO afluente no lodo de excesso do sistema
N	– nitrogênio
N_{aa}	– concentração de nitrogênio amoniacal no afluente
N_{ae}	– concentração de nitrogênio amoniacal no efluente
N_{el}	– número de elétrons transferíveis por átomo de carbono
N_{na}	– concentração de nitrato no afluente
$N_{n(AER)}$	– concentração de nitrato no reator aeróbio
$N_{nafl(ANI)}$	– concentração de nitrato no afluente do reator anóxico I
$N_{nafl(LA)}$	– concentração de nitrato no afluente do sistema de lodo ativado
$N_{n(DEC)}$	– concentração de nitrato no decantador
N_{ne}	– concentração de nitrato no efluente

$N_{NTKaf(l,LA)}$	– concentração de NTK no afluente do sistema de lodo ativado
NTK	– nitrogênio total Kjeldhal
pH	– potencial hidrogeniônico
q	– vazão de lodo de excesso
q_2	– vazão de lodo de excesso do sistema de lodo ativado
Q_a	– vazão afluente
Q_a	– vazão de recirculação do reator aeróbio para o reator anóxico I
$Q_{af(ANII)}$	– vazão afluente ao reator anóxico II
$Q_{af(DEC)}$	– vazão afluente ao decantador
$Q_{af(ANI)}$	– vazão afluente ao reator anóxico I
$QEB_{(1)}$	– vazão de esgoto bruto aplicada ao reator UASB
$QEB_{(2)}$	– vazão de esgoto bruto aplicada ao sistema de lodo ativado
$Q_{ef(UASB)}$	– vazão efluente no reator UASB
Q_{LA}	– vazão de esgoto aplicada ao sistema de lodo ativado
Q_s	– vazão de recirculação do lodo do decantador para o reator anóxico I
r_{30}	– taxa de digestão anaeróbia a 30 ° C
R_s	– idade de lodo
$R_{s(LA)}$	– idade de lodo do sistema de lodo ativado
r_t	– taxa de digestão anaeróbia para a temperatura “T”
S	– sistema anaeróbio/aeróbio
S_{ba}	– DQO biodegradável do afluente
S_{bpa}	– DQO biodegradável e particulada do afluente
S_{bsa}	– DQO biodegradável e solúvel do afluente
S_d	– Sólido sedimentado
X_e	– concentração de resíduo endógeno
S_i	– concentração de sólidos em cada ponto de amostragem (g/m^3);
S_i	– concentração de sólidos em cada ponto de amostragem do reator UASB
SSF	– sólidos suspensos fixos
SST	– sólidos suspensos totais

SSV	– sólidos suspensos voláteis
S_{ta}	– DQO total do afluente
$S_{te(S)}$	– concentração de DQO do efluente do sistema anaeróbio/aeróbio
S_{te}	– DQO efluente
$S_{t(EB)}$	– DQO do esgoto bruto
$S_{te(UASB)}$	– DQO do efluente do UASB
STS	– sólidos suspensos totais
S_{ua}	– DQO não biodegradável do afluente
S_{upa}	– DQO não biodegradável e particulada do afluente
S_{usa}	– DQO não biodegradável e solúvel do afluente
T	– temperatura
TCO_c	– taxa de consumo de oxigênio para a oxidação do material orgânico
TCO	– taxa de consumo de oxigênio
TDH	– tempo de detenção hidráulica
UASB	– reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo
V_{AER}	– volume do reator aeróbio
V_{ANI}	– volume do reator anóxico I
V_{ANII}	– volume do reator anóxico II
V_i	– volume de influência de cada ponto de amostragem no reator UASB (m^3).
$V_{r(aer)}$	– volume do reator aeróbio do sistema de lodo ativado
V_r	– volume de reator
$V_{r(LA)}$	– volume total dos reatores do sistema de lodo ativado
X_a	– concentração de lodo ativo
X_i	– concentração de lodo inerte
X_m	– concentração de lodo inorgânico
X_t	– concentração de lodo
X_v	– concentração de lodo orgânico

$X_{v(LA)}$	– concentração média de sólidos suspensos voláteis no sistema de lodo ativado
ΔAlc_t	– variação da alcalinidade total
ΔG^0	– energia livre
$\Delta N_{n(ANI)}$	– variação da concentração de nitrato no reator anóxico I
$\Delta N_{n(ANII)}$	– variação da concentração de nitrato no reator anóxico II
$\Delta N_{n(DEC)}$	– variação da concentração de nitrato no decantador
μ_n	– taxa específica de crescimento de nitrosomonas
μ_{mn}	– taxa específica máxima de crescimento de nitrosomonas

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 –	CLASSIFICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS SEGUNDO AS FONTES DE CARBONO E ENERGIA.....	5
TABELA 3.2 –	TRANSFERÊNCIA DE ELÉTRONS NA OXIDAÇÃO DE ALGUNS COMPOSTOS ORGÂNICOS.....	10
TABELA 3.3 –	REAÇÕES DE ÓXIDO-REDUÇÃO DE ALGUNS COMPOSTOS ORGÂNICOS, MEDIADAS PELAS BACTÉRIAS ACETOGÊNICAS, NA DIGESTÃO ANAERÓBIA COM OS RESPECTIVOS VALORES DA ENERGIA LIVRE PADRÃO.....	11
TABELA 3.4 –	REAÇÕES DAS BACTÉRIAS METANOGÊNICAS COM OS RESPECTIVOS VALORES DA ENERGIA LIVRE PADRÃO (ΔG^0).....	12
TABELA 3.5 –	PRINCIPAIS GÊNEROS DE BACTÉRIAS METANOGÊNICAS.....	12
TABELA 3.6 –	PRODUÇÃO DE LODO BIOLÓGICO EM REATORES UASB.....	22
TABELA 3.7 –	CARACTERÍSTICAS DAS BACTÉRIAS NITRIFICANTES.....	35
TABELA 4.1 –	CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SISTEMA EXPERIMENTAL.....	57
TABELA 4.2 –	PARÂMETROS ANALÍTICOS AVALIADOS NOS EXPERIMENTOS.....	58
TABELA 4.3 –	LOCAL DE AMOSTRAGEM NOS EXPERIMENTOS.....	59
TABELA 4.4 –	VOLUME DE INFLUÊNCIA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO UASB.....	66
TABELA 5.1 –	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ESGOTO BRUTO AFLUENTE DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO.....	83
TABELA 5.2 –	CARGAS ORGÂNICAS VOLUMÉTRICAS APLICADAS AO REATOR UASB.....	86
TABELA 5.3 –	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO EFLUENTE DO REATOR UASB.....	88
TABELA 5.4 –	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO REATOR UASB NOS 10 EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	92
TABELA 5.5 –	MASSAS DE LODO ESTIMADAS SEMANALMENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS NO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 1, 2, 3, 4 e 5.....	96
TABELA 5.6 –	MASSAS DE LODO ESTIMADAS SEMANALMENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS, NO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 6,7,8,9 E 10.....	97
TABELA 5.7 –	ESTABILIDADE DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 EM TERMOS DE PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS, VOLUME DE METANO POR MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS E REDUÇÃO TEÓRICA A PARTIR DO VOLUME DE METANO PRODUZIDO PELA MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS.....	100

TABELA 5.8 –	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 10	103
TABELA 5.9 –	CARACTERÍSTICAS SANITÁRIAS DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 10	103
TABELA 5.10 –	CARGAS ORGÂNICAS DIÁRIAS (CO)LA E CARGAS ORGÂNICAS DIÁRIAS VOLUMÉTRICAS COV(LA) APLICADAS AO SISTEMA DE LODO ATIVADO	104
TABELA 5.11 –	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO	104
TABELA 5.12 –	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO EFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO E DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO	107
TABELA 5.13 –	SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS NO SISTEMA DE LODO ATIVADO ($\text{mgSSV} \cdot \ell^{-1}$)	109
TABELA 5.14 –	SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO LICOR MISTO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO ($\text{m} \ell \cdot \ell^{-1}$)	110
TABELA 5.15 –	TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO ($\text{mg O}_2 \cdot \ell^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	110
TABELA 5.16 –	MASSA DE DQO AFLUENTE E EFLUENTES (NO EFLUENTE, NO LODO DE EXCESSO E OXIDADA) DO EXPERIMENTO 6 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	113
TABELA 5.17 –	MASSA DE NTK AFLUENTE, MASSA DE NITROGÊNIO NO LODO, MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO E MASSA DE NITRATO PRODUZIDO NO REATOR AERÓBIO NO EXPERIMENTO 8 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	118
TABELA 5.18 –	MASSA DE NTK AFLUENTE, MASSA DE NITROGÊNIO NO LODO, MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO E MASSA DE NITRATO PRODUZIDO NO REATOR AERÓBIO NO EXPERIMENTO 9 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	118
TABELA 5.19 –	MASSA DE NTK AFLUENTE, MASSA DE NITROGÊNIO NO LODO, MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO E MASSA DE NITRATO PRODUZIDO DIARIAMENTE NO REATOR AERÓBIO NO EXPERIMENTO 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	119
TABELA 5.20 –	BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 8	126
TABELA 5.21 –	BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 9	126
TABELA 5.22 –	BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 10	127
TABELA 5.23 –	FRAÇÕES DO BALANÇO DE MASSA DE DQO NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO NO EXPERIMENTO 6	129
TABELA 6.1 –	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA E CONSUMO DE ENERGIA PARA A AERAÇÃO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO COM DIGESTOR CONVENCIONAL DE LODO E NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO, POR UNIDADE DE MASSA DE DQO NO AFLUENTE	146

TABELA AE 1.1 –	TEMPERATURA (T), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH), DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO), ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV), TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 1 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	158
TABELA AE 1.2 –	CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 1	159
TABELA AE 2.1 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH), TEMPERATURA (T) E ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) NO EXPERIMENTO 2 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	160
TABELA AE 2.2 –	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO), SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), ALCALINIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV); TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS NO EXPERIMENTO 2	161
TABELA AE 2.3 –	CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 2	162
TABELA AE 2.4 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 2 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	163
TABELA AE 3.1 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH), TEMPERATURA (T), ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS (AAGV) VOLÁTEIS NO EXPERIMENTO 3 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	164
TABELA AE 3.2 –	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV) COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	165
TABELA AE 3.3 –	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) e TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 3 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	166
TABELA AE 3.4 –	CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SUAS PARCELAS FIXA E VOLÁTIL NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 3	167
TABELA AE 3.5 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 3 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	168
TABELA AE 4.1 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	169
TABELA AE 4.2 –	ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	170

TABELA AE 4.3 –	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E NITROGÊNIO AMONIACAL NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	171
TABELA AE 4.4 –	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	172
TABELA AE 4.5 –	SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	173
TABELA AE 4.6 –	CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 4	174
TABELA AE 4.7 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	175
TABELA AE 5.1 -	TEMPERATURA (T) E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	176
TABELA AE 5.2 –	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO), NITROGÊNIO AMONIACAL E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	177
TABELA AE 5.3 –	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	178
TABELA AE 5.4 –	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SSV) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	179
TABELA AE 5.5 –	CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 5	180
TABELA AE 5.6 –	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	181
TABELA AE 6.1 –	TEMPERATURA (T) E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	182
TABELA AE 6.2 –	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	183
TABELA AE 6.3 –	ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) DO ESGOTO BRUTO NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	184
TABELA A.E 6.4 –	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	185

TABELA AE 6.5 -	SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E NITROGÊNIO AMONIACAL NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	186
TABELA AE 6.6 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	187
TABELA AE 7.1 -	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	188
TABELA AE 7.2 -	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	189
TABELA AE 7.3 -	ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	190
TABELA AE 7.4 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	191
TABELA AE 7.5 -	NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL (NTK) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	192
TABELA AE 7.6 -	NITROGÊNIO AMONIACAL, NITRATO DO ESGOTO BRUTO E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	193
TABELA AE 7.7 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	194
TABELA AE 8.1 -	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	195
TABELA AE 8.2 -	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	196
TABELA AE 8.3 -	ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	197
TABELA AE 8.4 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	198
TABELA AE 8.5 -	SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	199
TABELA AE 8.6 -	NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL (NTK) E NITROGÊNIO ORGÂNICO NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	200

TABELA AE. 8.7 -	NITRATO E NITRITO NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	201
TABELA AE 8.8 -	NITROGÊNIO AMONÍACAL NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	202
TABELA AE 8.9 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (C) DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	203
TABELA AE 9.1 -	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	204
TABELA AE 9.2 -	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	205
TABELA AE 9.3 -	ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	206
TABELA AE 9.4 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	207
TABELA AE 9.5 -	NITROGÊNIO KJELDAHL (NTK) E NITROGÊNIO ORGÂNICO NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	208
TABELA AE 9.6 -	NITRATO E NITRITO NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	209
TABELA AE 9.7 -	NITROGÊNIO AMONÍACAL E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS...	210
TABELA AE 9.8 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SUAS PARCELAS FIXA E VOLÁTIL, POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E TEMPERATURA DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	211
TABELA AE 10.1 -	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	212
TABELA AE 10.2 -	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	213
TABELA AE 10.3 -	ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS	214
TABELA AE 10.4 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS DO ESGOTO BRUTO, AFLUENTE DO SISTEMA DE LODO ATIVADO E EFLUENTES DO UASB, ANÓXICO1, AERÓBIO, ANÓXICO2 E DECANTADOR DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 10	215

TABELA AE 10.5 -	SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV); SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 10, COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	216
TABELA AE 10.6 -	NITROGÊNIO KJELDAHL (NTK) E NITROGÊNIO ORGÂNICO NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	217
TABELA AE 10.7 -	NITRATO E NITRITO DO ESGOTO BRUTO, AFLUENTE DO SISTEMA DE LODO ATIVADO E EFLUENTES DO UASB, ANÓXICO 1, AERÓBIO, ANÓXICO 2 E DECANTADOR DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	218
TABELA AE 10.8 -	NITROGÊNIO AMONIACAL NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	219
TABELA AE 10.9 -	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS.....	220

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 -	ESQUEMA DOS QUATRO ESTÁGIOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA.....	8
FIGURA 3.2 -	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A TAXA DE DIGESTÃO ANAERÓBIA NA FAIXA MESOFÍLICA.....	13
FIGURA 3.3 -	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A TAXA DE DIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODO PRIMÁRIO.....	14
FIGURA 3.4 -	ESQUEMA DE UM UASB CONVENCIONAL.....	18
FIGURA 3.5 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM SISTEMA BARDENPHO.....	25
FIGURA 3.6 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PROCESSOS BÁSICOS QUE OCORREM NO SISTEMA DE LODO ATIVADO.....	32
FIGURA 3.7 -	PROCESSOS BÁSICOS QUE OCORREM NO SISTEMA DE LODO ATIVADO QUANDO O MATERIAL BIODEGRADÁVEL NÃO É IMEDIATAMENTE UTILIZADO.....	33
FIGURA 3.8 -	VARIAÇÃO DO NÚMERO DE OXIDAÇÃO DE NITROGÊNIO NOS PROCESSOS DE NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO.....	39
FIGURA 4.1 -	ESQUEMA DO REATOR UASB.....	48
FIGURA 4.2 -	DECANTADOR SECUNDÁRIO DO SISTEMA BARDENPHO.....	50
FIGURA 4.3 -	COMPRESSOR DE AR.....	50
FIGURA 4.4 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO.....	52
FIGURA 4.5 -	SISTEMA UASB/BARDENPHO. (a) VISTA LATERAL; (b) VISTA FRONTAL.....	53
FIGURA 4.6 -	FLUXOGRAMA DE ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA.....	55
FIGURA 4.7 -	TESTE DE ESTABILIDADE.....	63
FIGURA 4.8 -	PRODUÇÃO DE METANO DO LODO ANAERÓBIO AO LONGO DO TEMPO.....	64
FIGURA 4.9 -	VOLUMES DE INFLUÊNCIA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DO UASB.....	66
FIGURA 4.10 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE MATERIAL ORGÂNICO NO REATOR UASB.....	69
FIGURA 4.11 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE MATERIAL ORGÂNICO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO.....	72
FIGURA 4.12 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO.....	76
FIGURA 4.13 -	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE MATERIAL ORGÂNICO NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO.....	80

FIGURA 5.1 –	MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE DQO, DBO, AB e NITROGÊNIO AMONIACAL DO ESGOTO BRUTO	84
FIGURA 5.2 –	MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE AAGV, SST E NTK DO ESGOTO BRUTO	85
FIGURA 5.3 –	MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DAS CARGAS ORGÂNICAS VOLUMÉTRICAS TOTAIS APLICADAS AO REATOR UASB	87
FIGURA 5.4 –	MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE DQO, DBO, AB E SST DO EFLUENTE DO REATOR UASB	89
FIGURA 5.5 -	MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE AAGV, NITROGÊNIO AMONIACAL E NTK DO EFLUENTE DO REATOR UASB	90
FIGURA 5.6 –	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO DO ESGOTO BRUTO EM TODOS OS EXPERIMENTOS NO REATOR UASB	91
FIGURA 5.7 –	DISTRIBUIÇÃO DA DQO EFLUENTE EM FUNÇÃO DA CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA TOTAL APLICADA AO REATOR UASB.....	91
FIGURA 5.8 –	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NO REATOR UASB	93
FIGURA 5.9 -	VARIAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIACAL DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE NO REATOR UASB	93
FIGURA 5.10 -	VARIAÇÃO DE NTK DO ESGOTO BRUTO E EFLUENTE E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE NTK NO REATOR UASB	94
FIGURA 5.11 –	VARIAÇÃO DO pH DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE NO REATOR UASB	94
FIGURA 5.12 -	VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DE BICARBONATO DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE DO REATOR UASB	95
FIGURA 5.13 –	VARIAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE DO REATOR UASB	95
FIGURA 5.14 –	MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA DATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DA MASSA DE LODO EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS ANTES E DEPOIS DA DESCARGA NO REATOR UASB.....	99
FIGURA 5.15 –	PRODUÇÃO DE METANO DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 8 COM UMA IDADE DE LODO DE 14 DIAS: a) e b) AMOSTRAS DO MESMO LODO INCUBADAS EM 07/07/2000; c) e d) AMOSTRAS DO MESMO LODO INCUBADAS EM 14/07/2000	101
FIGURA 5.16 –	PRODUÇÃO DE METANO DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10: a) AMOSTRA DE LODO DO EXPERIMENTO 8 COM UMA IDADE DE LODO DE 28 DIAS; b) e c) AMOSTRAS DO MESMO LODO NO EXPERIMENTO 9 COM UMA IDADE DE LODO DE 14 DIAS, INCUBADAS EM 24/11/1999 E d) AMOSTRA DE LODO DO EXPERIMENTO 10 A UMA IDADE DE LODO 14 DIAS	102

FIGURA 5.17 –	VARIAÇÃO DE DQO AFLUENTE, DQO EFLUENTE E EFLUENTE FILTRADO NOS EXPERIMENTOS 1, 2, 3, 4, 5 E 6 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	111
FIGURA 5.18 –	VARIAÇÃO DE DQO AFLUENTE, DQO EFLUENTE E EFLUENTE FILTRADO NOS EXPERIMENTOS 7, 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	112
FIGURA 5.19 –	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	112
FIGURA 5.20 –	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DBO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	113
FIGURA 5.21 -	VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DE BICARBONATO AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 1(a), 2(b), 3(c), 4(d) e 6(e) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	114
FIGURA 5.22 -	VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DE BICARBONATO AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 7(a), 8(b), 9(c) e 10(d) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	115
FIGURA 5.23 –	VARIAÇÃO DO PH AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 1(a), 2(b), 3(c), 4(d), 5(e) e 6(f) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	116
FIGURA 5.24 –	VARIAÇÃO DO PH AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 7(a), 8(b), 9(c), e 10(d) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	117
FIGURA 5.25 –	MASSA DE NITRATO PRODUZIDA DIARIAMENTE NO REATOR AERÓBIO NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	120
FIGURA 5.26 –	MASSA DE NITRATO PRODUZIDA NO REATOR AERÓBIO EM RELAÇÃO À MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO NO AFLUENTE DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10	121
FIGURA 5.27 –	VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NO AFLUENTE E EFLUENTE NO REATOR ANÓXICO I NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	122
FIGURA 5.28 –	VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NO AFLUENTE E EFLUENTE NO REATOR ANÓXICO II NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	123
FIGURA 5.29 –	EFICIÊNCIA DE DESNITRIFICAÇÃO DO REATOR ANÓXICO I NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	124
FIGURA 5.30 –	EFICIÊNCIA DE DESNITRIFICAÇÃO DO REATOR ANÓXICO II NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO	125
FIGURA 5.31 –	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO, DBO, SST, SSV, NTK E NITROGÊNIO AMONICAL DO ESGOTO BRUTO NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO	128
FIGURA 6.1 –	FRAÇÕES DA DQO AFLUENTE NO SISTEMA DE LODO ATIVADO COM DIGESTOR CONVENCIONAL (a) E NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO (b)	145

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos numa investigação experimental em escala-piloto sobre o comportamento do sistema anaeróbio/aeróbio no tratamento de esgoto doméstico em região tropical durante um período ininterrupto de três anos (abril 1997 – maio 2000). O sistema anaeróbio era um reator de fluxo ascendente e manta de lodo, UASB, que digeriu conjuntamente esgoto tipicamente doméstico e lodo aeróbio enquanto que o sistema aeróbio era constituído por um sistema de lodo ativado tratando o efluente do reator UASB. O reator UASB apresentou um equilíbrio estável a partir de tempos de detenção hidráulica na faixa entre 6 e 8 h e um desempenho compatível com o de reatores UASB tratando apenas esgoto doméstico. Para a idade de lodo do UASB de 14 dias, a estabilidade do lodo de excesso do sistema anaeróbio/aeróbio variou entre 31 e 38% e para a idade de lodo de 28 dias foi de 13,9 %, em termos de redução de voláteis. Assim, foi possível concluir que idades de lodo tão baixas como 14 dias resultam insuficientes para a operação do reator UASB no sistema anaeróbio/aeróbio sendo recomendável a adoção de idades de lodo em torno de 28 dias. Foi verificado que, nesse sistema, a cinética de nitrificação no sistema de lodo ativado foi fortemente influenciada pelo pré-tratamento no reator UASB. A taxa máxima de crescimento específico de *Nitrosomonas* (μ_m), determinada para a temperatura de 25 °C foi 0,28 d⁻¹, o que é um valor muito inferior (2 a 4 vezes menor) ao valor típico do sistema de lodo ativado convencional. A idade de lodo mínima, do sistema de lodo ativado, para a nitrificação no sistema anaeróbio/aeróbio foi de 14,8 dias. Uma análise comparativa entre o sistema anaeróbio/aeróbio e o sistema de lodo ativado convencional demonstrou que o primeiro é similar ao último no que concerne à qualidade do efluente e à produção de lodo mas a fração da DQO afluente digerida é maior e a fração da DQO afluente oxidada menor, o que contribui para a redução de custos operacionais. No sistema convencional o aproveitamento da energia do digestor contribui com 18,6% da energia necessária para a aeração e no sistema anaeróbio/aeróbio a energia gerada pelo UASB supera a energia necessária para a aeração em 50%.

ABSTRACT

This work describes the findings of an experimental investigation on a pilot-scale anaerobic/aerobic system treating domestic wastewater in a tropical region during a continuous period of three years (April 1997-May 2000). The experimental system comprised an Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor, UASB, treating raw sewage and excess activated sludge, altogether, followed by an activated sludge reactor treating the effluent of the UASB reactor. This reactor was able to work in a steady state with hydraulic retention times within the range 6-8 h, reaching a treatment performance comparable to that of UASB reactors treating only raw sewage. Excess sludge volatile fraction was reduced from the range 31-38% down to 13.9%, *i. e.*, increased excess sludge stability, as the sludge age in UASB reactor increased from 14 to 28 days. Thus, it is possible to conclude that sludge ages of 14 days are insufficient for the operation of the UASB reactor in the anaerobic/aerobic system, being recommended to adopt sludge ages around 28 days. Nitrification kinetics in the activated sludge system was greatly influenced by the previous treatment in the UASB reactor, being the maximum specific growth rate (μ_m) for *Nitrosomonas* 0.28 d^{-1} , at $25 \text{ }^\circ\text{C}$, which is much lesser (2-4 times) than a typical value for the conventional activated sludge reactor. Minimum sludge age in the activated sludge system for providing the occurrence of nitrification in the anaerobic/aerobic system was 14.8 days. A comparative analysis between a treatment system having the configuration of the anaerobic/aerobic system and another having the configuration of a conventional activated sludge one demonstrated that the first is comparable to the latter with relation to both the effluent quality and sludge production; however its COD digested influent fraction is much greater and its COD influent oxidised fraction is much lesser leading to more reduced operational costs. In a conventional system the utilization of the energy from the digester would supply only 18,6% of the energetic demand for aeration while in anaerobic/aerobic system the potential energy generation is nearly 50% superior the energy demand.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A associação dos processos anaeróbio e aeróbio parece ser uma alternativa viável para solucionar os problemas de custo e eficiência relacionados aos sistemas individuais de tratamento biológico de esgoto. Neste sentido, várias configurações de sistemas anaeróbio/aeróbio têm sido propostas. Entre elas estão o sistema constituído de reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) e o sistema de lodo ativado.

O reator UASB não remove matéria orgânica, nutrientes e sólidos, em níveis exigidos pelos padrões ambientais. No entanto, produz lodo estabilizado e em pequena quantidade com concentração elevada, além de apresentar baixos custos, tanto em termos de implantação quanto de operação e manutenção.

O sistema de lodo ativado é classificado como um processo aeróbio de tratamento e entre todos os processos desenvolvidos até o presente, o mais eficiente na remoção de matéria orgânica, nutrientes e sólidos suspensos, sendo capaz de atender às normas de padrões ambientais. As desvantagens do sistema de lodo ativado estão relacionadas à grande quantidade de lodo produzida com baixas concentrações e baixo grau de estabilização e aos altos custos com implantação, operação e manutenção.

A utilização de sistemas híbridos, constituídos do reator UASB e do sistema de lodo ativado parece ser a solução para os problemas do tratamento biológico porque associa as vantagens dos dois sistemas. O sistema de lodo ativado aprimora o efluente do reator UASB enquanto este pode estabilizar o lodo do sistema de lodo ativado. Também, é importante observar que o consumo de energia necessária à aeração no sistema de lodo ativado é reduzido, porque parte da matéria orgânica é degradada no reator UASB e o potencial

energético do biogás gerado nesse reator pode ser utilizado para gerar a energia necessária à aeração no sistema de lodo ativado. Dessa forma, pode ser desenvolvido um sistema de tratamento capaz de produzir um efluente compatível com os padrões ambientais, com baixa produção de lodo e com custo inferior ao de um sistema de lodo ativado com digestor convencional de lodo.

As pesquisas desenvolvidas, até o presente, com sistemas híbridos (UASB e lodo ativado) são escassas e os poucos resultados conseguidos são insuficientes para assegurar a viabilidade técnica e econômica da utilização desses sistemas. O que pode ser concluído com os resultados obtidos, até então, é que o sistema anaeróbio/aeróbio é melhor que um reator anaeróbio e apresenta um efluente de boa qualidade, similar aos efluentes dos sistemas aeróbios de tratamento, em termos de matéria orgânica e sólidos suspensos. Com relação à remoção biológica de nitrogênio há consenso entre os pesquisadores de que existe muita dificuldade no estabelecimento dos processos de nitrificação e desnitrificação nos referidos sistemas. As razões ainda não foram definidas, há muita polêmica a respeito, de forma que pouco é conhecido em relação à remoção de nitrogênio nos sistemas anaeróbio/aeróbio com reator UASB e sistema de lodo ativado.

Este trabalho apresenta os resultados da operação de um sistema anaeróbio/aeróbio, constituído de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) e um sistema de lodo ativado (Bardenpho), operado em escala-piloto e alimentado com esgoto doméstico, bombeado diretamente do Interceptor Leste (Interceptor da Depuradora) do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Campina Grande, estado da Paraíba. O sistema experimental foi monitorado por um período de aproximadamente três anos com variadas condições operacionais para a avaliação da remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, do comportamento dos processos nitrificação e desnitrificação e caracterização da estabilidade do lodo de excesso.

Os resultados descritos neste trabalho contribuem para o desenvolvimento da pesquisa do tratamento anaeróbio/aeróbio em busca de sistemas mais eficientes e menos onerosos que possam ser utilizados, principalmente, nas regiões tropicais de países em desenvolvimento.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o comportamento do sistema anaeróbio/aeróbio constituído por um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) seguido por um sistema de lodo ativado (Bardenpho) tratando esgoto doméstico na região tropical, no que se refere à remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e nutrientes e estabilidade do lodo de excesso.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a remoção de matéria orgânica do esgoto bruto no reator UASB tratando esgoto doméstico e lodo aeróbio em diferentes tempos de detenção hidráulica;
- Avaliar o desempenho do sistema de lodo ativado com relação à remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos;
- Avaliar o comportamento do sistema de lodo ativado no desenvolvimento dos processos de nitrificação e desnitrificação;
- Avaliar a remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos, nitrogênio total Kjeldahl e nitrogênio amoniacal no sistema anaeróbio/aeróbio (reator UASB + sistema de lodo ativado);
- Determinar o grau de estabilidade do lodo de excesso do sistema anaeróbio/aeróbio na faixa de idade de lodo do reator UASB entre 14 e 28 dias;
- Proceder a uma avaliação comparativa entre o sistema de lodo ativado com digestor de lodo convencional e o sistema anaeróbio/aeróbio com reator UASB e sistema de lodo ativado.

CAPÍTULO 3

REVISÃO DE LITERATURA

3.1 METABOLISMO BACTERIANO DOS PROCESSOS BIOLÓGICOS DE TRATAMENTO

O metabolismo dos microrganismos envolvidos nos processos de transformação de resíduos orgânicos na natureza é formado pelo conjunto de reações enzimáticas, de oxido-redução, denominadas de catabolismo e anabolismo que compõem a biossíntese e a biodegradação e constituem o processo global de reciclagem na biosfera.

O tratamento biológico das águas residuárias é fundamentado no metabolismo dos microrganismos que nela se desenvolvem. A cinética de crescimento de microrganismos é utilizada no desenvolvimento de modelos matemáticos que originam as equações de dimensionamento dos reatores usados nos vários processos de tratamento.

Para a realização de suas atividades metabólicas os microrganismos necessitam de: a) uma fonte de carbono; b) uma fonte de energia e c) nutrientes. A Tabela 3.1 apresenta a classificação dos microrganismos com base nas fontes de carbono e energia. O metabolismo bacteriano utilizado nos sistemas de tratamento é específico e dependente do objetivo a ser atingido e os fatores abióticos estabelecidos nos reatores biológicos determinam as espécies microbianas predominantes em cada sistema.

Os microrganismos utilizam os compostos orgânicos e inorgânicos das águas residuárias para realizar suas atividades metabólicas. Catabolismo e anabolismo são processos interdependentes e se desenvolvem simultaneamente. Uma parte dos componentes, orgânicos

e/ou inorgânicos, é utilizada no catabolismo (oxidação ou fermentação) para obtenção da energia e a outra no anabolismo (síntese).

TABELA 3.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS SEGUNDO AS FONTES DE CARBONO E ENERGIA

CLASSIFICAÇÃO	FONTE DE CARBONO	FONTE DE ENERGIA
Fotoautotrófico	CO ₂	Luz
Fotoheterotrófico	Matéria orgânica	Luz
Quimioautotrófico	CO ₂	Oxidação de compostos inorgânicos
Quimioheterotrófico	Matéria orgânica	Oxidação de compostos orgânicos

FONTE: STANIER *et al.*(1988)

O catabolismo é a parte do metabolismo, geradora de energia para o desenvolvimento da vida. Quando o catabolismo ocorre com substrato exógeno, a energia produzida é utilizada na manutenção, crescimento e reprodução da célula. Se o substrato é o próprio material celular, não há reprodução e a célula é consumida no processo que se denomina respiração endógena. Este tipo de catabolismo independe da presença de substrato exógeno.

O catabolismo (exógeno) varia segundo a presença ou ausência de um acceptor final de elétrons. VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) subdividem o catabolismo exógeno em: a) catabolismo oxidativo e b) catabolismo fermentativo. O catabolismo oxidativo é uma reação redox na qual o acceptor final de elétrons pode ser o oxigênio (respiração aeróbia), nitrato ou sulfato (respiração anaeróbia). O catabolismo fermentativo também é uma reação redox, sem transferência intermolecular de elétrons, o que ocorre é um rearranjo de elétrons, de modo que o composto catabolizado se decompõe em pelo menos duas partes.

Atualmente, no tratamento das águas residuárias, o termo respiração anóxica é utilizado para representar o processo de respiração anaeróbia em que o acceptor final de elétrons é o nitrito ou nitrato. METCALF & EDDY (1991) usam o termo desnitrificação anóxica para o processo em que o acceptor final de elétrons é nitrito ou nitrato.

3.2 MEDIDAS DO CONTEÚDO ORGÂNICO

Devido à dificuldade em identificar individualmente os compostos orgânicos das águas residuárias, parâmetros analíticos da medida do conteúdo orgânico são utilizados na prática da Engenharia Sanitária. DQO e DBO se sobressaem dentre os outros devido à simplicidade e facilidade de execução.

Tanto a DQO quanto a DBO fornecem medidas indiretas do conteúdo orgânico através da determinação do consumo de um oxidante utilizado na oxidação da matéria orgânica. A diferença entre os dois consiste no oxidante utilizado e no modo operacional.

No teste da DBO, o oxigênio é o oxidante, mede-se a oxidação da matéria orgânica realizada por microrganismos através do consumo de oxigênio em uma amostra de água residuária após um período de incubação (geralmente 5 dias), a uma temperatura de 20 °C. A DBO é usada mundialmente e faz parte das análises rotineiras na prática da Engenharia Sanitária. O teste mede apenas o conteúdo biodegradável do material orgânico, demanda um longo tempo de execução e é pouco preciso, além de apresentar uma série de outras desvantagens: 1) depende de fatores ambientais que, se não bem controlados levam a resultados errôneos, 2) depende da taxa de hidrólise de macromoléculas e 3) após o longo período de incubação (5 dias), apenas uma fração do material biodegradável é oxidada ($\cong 70\%$ para esgoto doméstico bruto) sendo que uma demanda última só é possível de ser obtida através do uso de equações empíricas.

O princípio básico da DQO é a oxidação de compostos orgânicos através de um forte oxidante químico. No teste, a matéria orgânica é colocada na presença do dicromato de potássio em meio ácido a uma temperatura de 150 °C, por um período de duas horas. No final, o excesso de oxidante é medido através de titulação com um forte redutor e a DQO é determinada. A DQO é um teste puramente químico e por isso apresenta melhor precisão do que a DBO, que é um teste bioquímico. Por ter um procedimento rápido a DQO pode ser utilizada para a correção, em tempo hábil, da carga orgânica aplicada ao sistema de tratamento, fato às vezes necessário no modelamento de sistemas de tratamento que precisam operar no estado estacionário. Uma das grandes vantagens da DQO é que, em sistemas de tratamento, pode ser utilizada para fazer um balanço de massa de material orgânico enquanto a DBO não pode porque parte do material biodegradável do esgoto é transformada em parte da célula bacteriana que não é biodegradável (resíduo endógeno).

A DQO determina o conteúdo orgânico biodegradável e não biodegradável juntos; mas a associação da DQO com a DBO pode estimar a não biodegradabilidade do esgoto (DQO/DBO). MARAIS & EKAMA (1976) fracionaram a DQO do esgoto em biodegradável e não biodegradável, conseguindo, dessa forma, em sistemas de lodo ativado, apenas com o uso da DQO, determinar as frações biodegradável e não biodegradável do esgoto.

Pelas razões supracitadas, no presente trabalho, será utilizada a DQO como parâmetro analítico da medida do conteúdo orgânico.

3.3 TRATAMENTO ANAERÓBIO

3.3.1 Bioquímica da Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo de conversão da matéria orgânica a produtos finais como metano e gás carbônico. O processo é mediado por bactérias facultativas e anaeróbias que se sucedem na conversão de compostos orgânicos complexos a substâncias inorgânicas e metano.

Seis grupos de reações descrevem a digestão anaeróbia (SAYED, 1987): 1) hidrólise de polímeros, 2) fermentação de aminoácidos e açúcares, 3) oxidação anaeróbia de ácidos graxos de cadeia longa, 4) oxidação anaeróbia de ácidos graxos voláteis, para acetato, 5) formação de metano a partir de acetato, 6) formação do metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono. No cenário da digestão anaeróbia aplicada a distintas águas residuárias, em diferentes partes do mundo, tem se tornado comum a descrição dessas reações em quatro fases, descritas a seguir e ilustradas na Figura 3.1. (GUJER & ZEHNDER, 1983 *apud* SAYED, 1987).

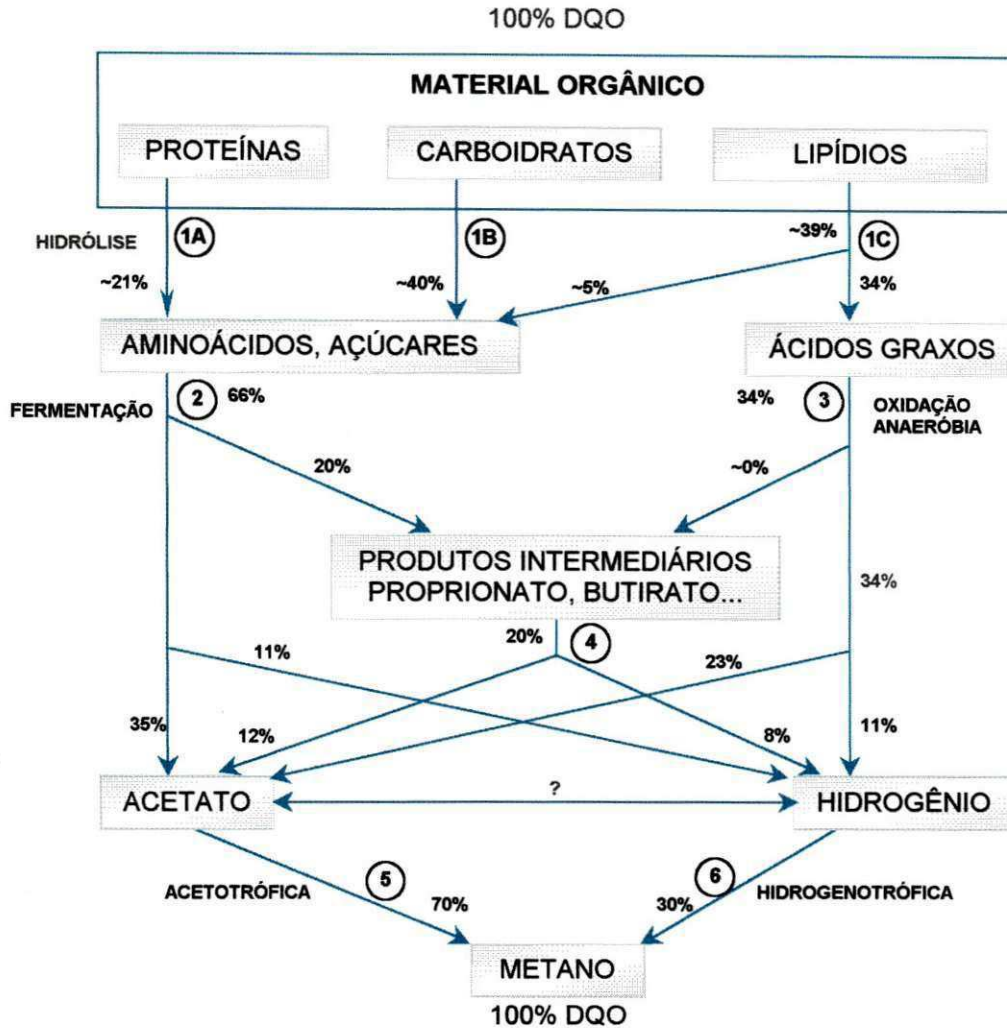


FIGURA 3.1 - ESQUEMA DOS QUATRO ESTÁGIOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA
 FONTE: GUJER & ZEHNDER (1983) *apud* SAYED (1987)

1. Hidrólise

A hidrólise é a primeira etapa da digestão anaeróbia. As bactérias fermentativas hidrolíticas excretam exoenzimas que convertem as macromoléculas orgânicas em moléculas mais simples que podem atravessar a parede celular. As proteínas são convertidas a aminoácidos, os polissacarídeos a monossacarídeos e dissacarídeos e os lipídios a ácidos graxos de cadeia longa: C₁₅ a C₁₇ (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). A taxa de hidrólise depende da composição do substrato e tamanho das partículas (LIN *et al.*, 1985; HUNGATE *et al.*, 1970 *apud* SAYED, 1987) e de outros fatores ambientais, especialmente a temperatura (O'ROURKE, 1968; GOLUEKE, 1958; MALINA, 1961; PFEFFER, 1974 *apud* SAYED, 1987).

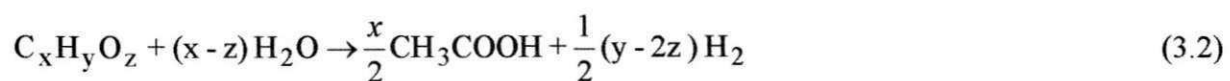
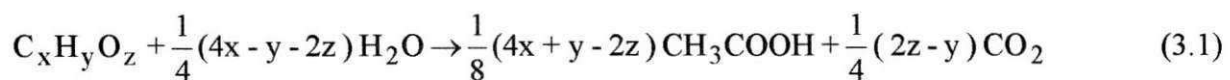
2. Acidogênese

Após a hidrólise, o substrato solúvel é metabolizado pelas bactérias fermentativas acidogênicas (hidrolíticas e não hidrolíticas) e excretado como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico e compostos minerais (CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S). Os principais produtos finais são acetato, propionato, butirato e H_2/CO_2 (MCINERNEY & BRYANT, 1981 *apud* SAYED, 1987). Embora a acidogênese seja realizada, na sua maioria, por bactérias anaeróbias estritas, um pequeno grupo das bactérias acidogênicas facultativas, aproximadamente 1%, pode metabolizar material orgânico pela via oxidativa (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). Este fato é muito importante pois o lodo aeróbio quando digerido em reatores anaeróbios pode conter oxigênio o qual é, de imediato, assimilado pelas bactérias facultativas sem causar grande prejuízo às bactérias anaeróbias estritas.

3. Acetogênese

Os produtos da acidogênese e os ácidos graxos de cadeia longa são metabolizados pelas bactérias acetogênicas e excretados como acetato, hidrogênio e dióxido de carbono que são o substrato das bactérias metanogênicas.

Segundo VAN HAANDEL & LETTINGA (1994), dependendo do estado de oxidação do material orgânico, a formação do ácido acético, pode ser acompanhada pelo surgimento do dióxido de carbono ou do hidrogênio segundo as reações abaixo:



N_{el} = número de elétrons transferíveis por átomo de carbono

quando $y < 2z \rightarrow N_{el} < 4$

quando $y > 2z \rightarrow N_{el} > 4$

VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) comentam que, devido à enorme variedade de substâncias químicas presentes no esgoto doméstico, é possível que as reações acima ocorram simultaneamente embora haja uma tendência de se formar mais H₂ do que CO₂. Como o número de elétrons transferíveis é quase sempre maior que 4, por átomo de carbono (Tabela 3.2), a conversão de produtos orgânicos para ácido acético tende a ser um processo oxidativo com liberação de um produto reduzido, o H₂. Por outro lado, simultaneamente à liberação de H₂ ocorre a produção de um produto oxidado (CO₂ e ou /ácido acético).

TABELA 3.2 – TRANSFERÊNCIA DE ELÉTRONS NA OXIDAÇÃO DE ALGUNS COMPOSTOS ORGÂNICOS

COMPOSTO ORGÂNICO	Nº DE ELÉTRONS TRANSFERÍVEIS POR ÁTOMO DE CARBONO	COMPOSTO ORGÂNICO	Nº DE ELÉTRONS TRANSFERÍVEIS POR ÁTOMO DE CARBONO
Ácido oxálico	1	Benzeno	5
Ácido fórmico	2	Acetona	5 1/3
Ácido cítrico	3	Ácido palmítico	5 2/3
Glicose	4	Ciclohexano	6
Ácido láctico	4	Etileno	6
Ácido acético	4	Etanol	6
Glicerina	4 2/3	Metanol	6
Fenol	4 2/3	Etano	7
Etileno glicol	5	Metano	8

FONTE: Adaptado de VAN HAANDEL & LETTINGA (1994).

Do ponto de vista termodinâmico, as reações catalizadas pela bactéria acetogênica produtora de hidrogênio são desfavoráveis e só há produção de energia livre para o crescimento celular quando a pressão parcial do hidrogênio no meio se mantiver na faixa de 10⁻³ a 10⁻⁵ atm para que o equilíbrio das reações da acetogênese se desloque no sentido do acetato e hidrogênio (ZEEMAN, 1991). Estas baixas pressões parciais só podem ser mantidas se o hidrogênio formado for rapidamente removido pelas bactérias consumidoras de hidrogênio. As bactérias metanogênicas hidrogenotróficas são indispensáveis a tal propósito. Também, as bactérias redutoras de enxofre e as desnitrificantes são consumidoras de hidrogênio e, quando presentes nos reatores anaeróbios removem hidrogênio do meio (FORESTI *et al.*, 1999). A Tabela 3.3 apresenta reações de oxi-redução e os respectivos

valores da energia livre padrão para alguns importantes compostos orgânicos utilizados pelas bactérias acetogênicas.

TABELA 3.3 – REAÇÕES DE ÓXIDO-REDUÇÃO DE ALGUNS COMPOSTOS ORGÂNICOS, MEDIADAS PELAS BACTÉRIAS ACETOGÊNICAS, NA DIGESTÃO ANAERÓBIA COM OS RESPECTIVOS VALORES DA ENERGIA LIVRE PADRÃO

SUBSTRATO	REAÇÃO	ΔG° (kJ/MOL)
Propionato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- + 3\text{H}_2$	+76,1
Butirato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+48,1
Etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+9,6

NOTA: Condições ambientais: pH = 7, pressão = 1 atm, temperatura = 25 °C, líquido = água pura.

FONTE: Adaptado de CHERNICHARO (1997)

4. Metanogênese

A metanogênese é a etapa final da digestão anaeróbia. As bactérias metanogênicas utilizam como substrato os produtos finais da acetogênese e produzem principalmente dióxido de carbono e metano. Essas bactérias são classificadas em dois grupos principais: 1) bactérias metanogênicas acetotróficas e 2) bactérias metanogênicas hidrogenotróficas. As bactérias metanogênicas acetotróficas realizam a clivagem do ácido acético (redução do grupo metil a metano e oxidação do grupo carboxílico a dióxido de carbono) e as bactérias metanogênicas hidrogenotróficas reduzem dióxido de carbono a metano. As reações das bactérias metanogênicas com os respectivos valores da energia livre padrão são apresentadas na Tabela 3.4 (ZEHNDER *et al.*, 1982 *apud* ZEEMAN, 1991).

Enquanto as bactérias acetotróficas pertencem a um restrito número de espécies de metanogênicas, quase todas podem produzir metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono. Cerca de 70% da produção de metano realizada pelas bactérias metanogênicas acetotróficas. Estas bactérias são determinantes no processo da digestão anaeróbia, mas têm uma baixa taxa de crescimento. A necessidade de altas concentrações de biomassa das bactérias metanogênicas acetotróficas impõe aos reatores anaeróbios altos tempos de detenção de biomassa (SAYED, 1987).

TABELA 3.4 – REAÇÕES DAS BACTÉRIAS METANOGÊNICAS COM OS RESPECTIVOS VALORES DA ENERGIA LIVRE PADRÃO (ΔG°)

REAÇÃO	ΔG° ENERGIA LIVRE kJ/mol CH ₄
$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_3^-$	- 28,2
$4\text{CH}_3\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	- 102,5
$4\text{HCOO}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{HCO}_3^-$	- 126,8
$4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	- 139,2
$4\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{CO}_2$	- 185,1
$4\text{CH}_3\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 4\text{NH}_4^+$	- 101,6
$2(\text{CH}_3)_2\text{NH} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{NH}_4^+$	- 86,3
$4(\text{CH}_3)_3\text{N} + 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ \rightarrow 9\text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 4\text{NH}_4^+$	- 80,2

FONTE: ZEHNDER *et al.* (1982) *apud* ZEEMAN (1991)

As bactérias metanogênicas hidrogenotróficas produzem apenas 30% de todo o metano gerado na digestão anaeróbia. A importância do seu papel consiste em manter baixa a pressão do hidrogênio no meio a fim de tornar possível o desenvolvimento da acidogênese e acetogênese (CHERNICHARO, 1997). A Tabela 3.5 apresenta os principais gêneros de bactérias metanogênicas que se desenvolvem na digestão anaeróbia de esgoto doméstico.

TABELA 3.5 – PRINCIPAIS GÊNEROS DE BACTÉRIAS METANOGÊNICAS

GÊNERO	SUBSTRATO PRINCIPAL
<i>Methanosarcina</i>	acetato
<i>Methanosaeta</i>	acetato
<i>Methanobacterium</i>	hidrogênio
<i>Methanospirillum</i>	hidrogênio
<i>Methanobrevibacter</i>	hidrogênio

FONTE: CHERNICHARO, 1997

3.3.2 Fatores Ambientais Fundamentais na Digestão Anaeróbia

3.3.2.1 Temperatura

A temperatura é o principal fator abiótico interveniente nos processos de tratamento biológico por influenciar diretamente as atividades metabólicas dos microrganismos. Estes, são seres pecilotermos e, portanto, não controlam sua temperatura interna a qual varia com a temperatura do ambiente. Cada espécie de microrganismo metaboliza em uma faixa de temperatura dentro da qual se encontra o seu preferendo térmico.

O crescimento bacteriano é, comumente, associado a três faixas de temperaturas (LETTINGA *et al.*, 1996 *apud* CHERNICHARO, 1997): a) psicrófila (0 a 20 °C), b) mesófila (20 a 45 °C) e c) termófila (45 a 70 °C)

Na faixa mesófila a temperatura ótima para a digestão anaeróbia se encontra entre 30 e 35 °C e na faixa termófila, apresenta um máximo a aproximadamente 55 °C (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

A Figura 3.2 ilustra a influência da temperatura na taxa relativa de digestão anaeróbia segundo vários pesquisadores.

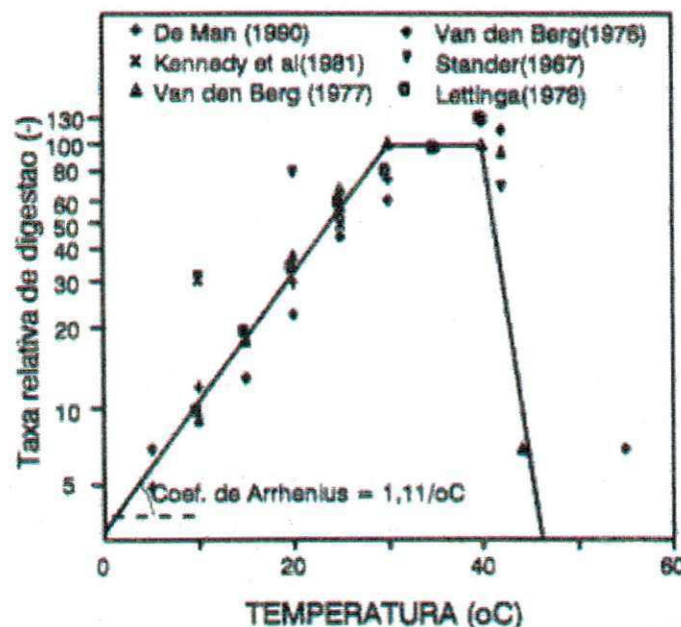


FIGURA 3.2 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A TAXA DE DIGESTÃO ANAERÓBIA NA FAIXA MESOFÍLICA.

FONTE: HENZE & HARREMOES (1983) *apud* VAN HAANDEL & LETTINGA (1994)

De acordo com os dados apresentados por HENZE & HARREMOES (1983), VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) concluíram que: 1) na faixa de 30 a 40 °C obtém-se a taxa máxima de digestão anaeróbia e 2) para temperaturas abaixo de 30 °C a taxa máxima de crescimento bacteriano diminui 11% a cada grau centígrado de modo que a equação de Arrhenius para taxa relativa de digestão anaeróbia pode ser escrita como:

$$r_t = r_{30} (1,11)^{(T-30)} \quad (3.3)$$

em que

r_t = taxa de digestão anaeróbia para a temperatura "T"

r_{30} = taxa de digestão anaeróbia a 30 °C

T = temperatura do esgoto (°C)

A temperatura também influi no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos, principalmente de lipídios (FORESTI *et al.*, 1999). A influência da temperatura sobre o grau e a taxa de digestão anaeróbia de lodo primário é ilustrada na Figura 3.3.

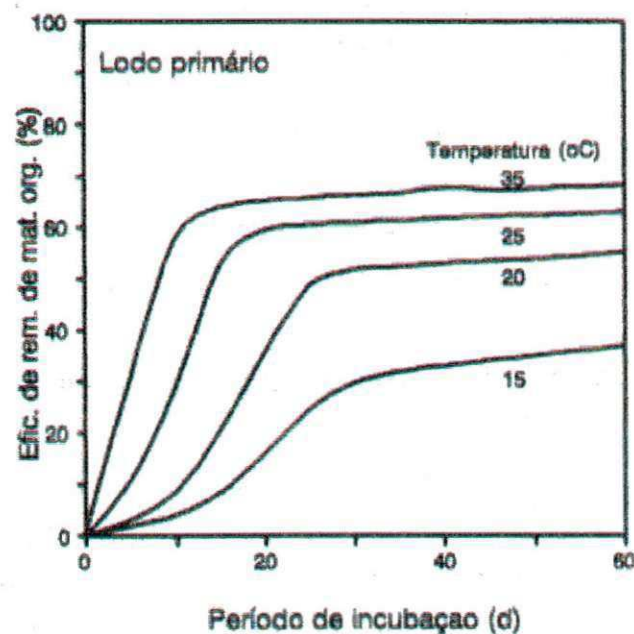


FIGURA 3.3 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A TAXA DE DIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODO PRIMÁRIO.
 FONTE: O'ROURKE (1968) *apud* VAN HAANDEL & LETTINGA (1994)

Nas regiões tropicais a digestão anaeróbia ocorre sem a necessidade de gastos adicionais com aquecimento do esgoto porque a temperatura das águas residuárias está na faixa mesofílica.

3.3.2.2 pH

O efeito do pH no processo de digestão anaeróbia é devido principalmente à (LETTINGA *et al.*, 1996 *apud* CHERNICHARO, 1997): 1) ação direta sobre a atividade enzimática e 2) ação indireta sobre a toxicidade de espécies químicas.

As bactérias metanogênicas apresentam um bom desempenho metabólico em uma estreita faixa de pH: 6,3 a 7,8. A mudança de pH acima ou abaixo desta faixa provoca o declínio na taxa de metanogênese (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). As bactérias produtoras de ácido têm um crescimento ótimo na faixa de pH entre 5,0 e 6,0 (CHERNICHARO, 1997) embora tolerem valores de pH mais altos e mais baixos. Uma mudança do pH pode afetar as bactérias metanogênicas e não ser relevante para as bactérias produtoras de ácido, tendo como resultado o azedamento do reator.

Segundo FORESTI *et al.* (1999) os esgotos domésticos apresentam valores de pH na faixa de 6,5 a 7,5 devido à predominância das espécies do sistema carbônico.

3.3.2.3 Substâncias tóxicas

Várias são as substâncias químicas que podem inibir a atividade microbiana no processo de digestão anaeróbia. No entanto, quando o esgoto é doméstico, a presença dessas substâncias em concentrações inibidoras ocorre muito pouco sendo que, na maioria das vezes, a maior ou menor toxicidade é dependente também de fatores específicos como pH e tempo de aclimação das bactérias à substância tóxica.

O oxigênio dissolvido não ocorre normalmente no esgoto doméstico mas pode chegar ao reator anaeróbio oriundo de sistemas aerados. Neste caso, e, desde que a aeração não seja muito intensa, as bactérias facultativas acidogênicas, que têm aptidão para desenvolver o

catabolismo aeróbio, removem o oxigênio do meio e, assim, seu efeito tóxico não é exercido sobre as bactérias anaeróbias estritas (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

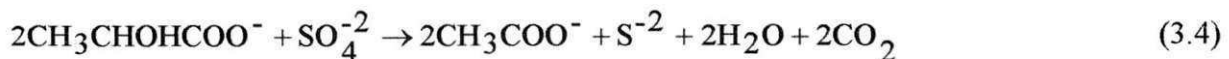
No esgoto doméstico, o enxofre ocorre nas formas de sulfato (SO_4^{-2}), além de pequenas concentrações de sulfito (SO_3^{-2}), tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{-2}$), enxofre elementar (S_2) e sulfeto (S^{-2}).

A forma mais oxidada de enxofre (sulfato) não é tóxica. No entanto, pode ser usada comoceptor final de elétrons pelas bactérias sulfo-redutoras, que competem pelo substrato orgânico com as bactérias acetogênicas e metanogênicas causando alteração nas rotas metabólicas normais no processo anaeróbio.

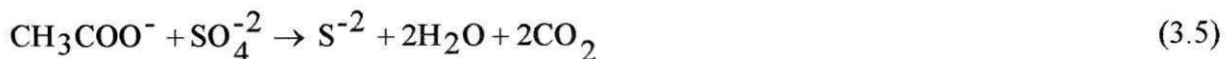
Sulfeto é a forma de enxofre mais tóxica no processo anaeróbio. Embora se encontre no esgoto doméstico em pequenas concentrações 2,0 a 20 mgS/l (RINZEMA, 1989). O sulfeto pode ser formado no reator anaeróbio a partir da redução bioquímica das formas mais oxidadas de enxofre (sulfato, sulfito, tiosulfato e enxofre elementar).

Dois tipos principais de bactérias sulfo-redutoras podem estar presentes nos reatores anaeróbios: 1) bactérias sulfo-redutoras que oxidam a matéria orgânica de forma incompleta até o acetato e 2) bactérias sulfo-redutoras que oxidam a matéria orgânica até o CO_2 . As reações 3.4 e 3.5 representam reações, dos tipos 1 e 2, respectivamente, nos quais as bactérias sulfo-redutoras envolvidas oxidam o material orgânico utilizando sulfato comoceptor de elétrons.

1) *Desulfovibrio*



2) *Desulfobacter*



CHERNICHARO (1997) observa que uma inibição acentuada no processo anaeróbio ocorre quando, no afluente, a relação $\text{DQO}/\text{SO}_4^{-2} < 7$ mas com uma forte dependência do pH

e que quando $DQO/SO_4^{-2} > 10$ grande parte do H_2S produzido é removido da fase líquida em função de uma maior produção de biogás.

RINZENA (1989) mostrou que a concentração de sulfeto para uma toxicidade significativa é de 50 a 200 mgS/ℓ. Para SPEECE (1986) *apud* CHERNICHARO (1997) os reatores anaeróbios podem tolerar níveis de sulfetos da ordem de 179 mgS/ℓ. CHERNICHARO (1997) diz que os sulfetos passam a ser bastante tóxicos quando presentes em concentrações acima de 200 mgS/ℓ, mas podem ser tolerados até esta concentração se a operação do sistema for contínua e se alguma aclimação for proporcionada à biomassa. O consenso da maioria dos pesquisadores é que a concentração tóxica de sulfeto depende da idade de lodo. Para a digestão anaeróbia tratando esgoto doméstico a concentração máxima de sulfeto, 20 mgS/ℓ (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994), apresentada em um reator anaeróbio está longe de se igualar à mínima concentração tóxica para o processo anaeróbio.

3.3.3 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo – UASB

De forma bem generalizada pode-se classificar os sistemas anaeróbios de tratamento em sistemas de baixa carga orgânica volumétrica (convencionais) e sistemas de alta taxa. A diferença entre os dois se baseia principalmente na retenção de biomassa e no tempo de detenção hidráulica. Os sistemas convencionais retêm pouca biomassa e por isso necessitam de grande tempo de detenção hidráulica enquanto os sistemas de alta taxa retêm grande quantidade de biomassa e podem operar com pequeno tempo de detenção hidráulica. Os sistemas de alta taxa ainda podem ser divididos em sistemas com crescimento aderido e com crescimento disperso de biomassa.

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, UASB, é um sistema de tratamento de alta taxa com crescimento disperso e dispositivo de sedimentação; foi desenvolvido na Holanda, nos anos setenta, pela equipe do professor Gatzke Lettinga para o tratamento de esgotos industriais. Em 1983, Lettinga realizou na Universidade de Wageningen as primeiras experiências com o UASB tratando esgoto doméstico (SOUSA, 1996).

Segundo a literatura, os primeiros experimentos com o UASB no Brasil surgiram na década de 80. CHERNICHARO *et al.* (1999) relatam que no Brasil já existem mais de 300 UASB tratando esgotos domésticos, a maioria no Paraná e na Bahia, e que outros reatores estão operando nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Pará, Paraíba, São Paulo e Distrito Federal.

Atualmente, o UASB está em uso ascendente, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais dos países em desenvolvimento onde soluções de baixo custo para tratamento de esgotos domésticos se fazem necessárias.

A estrutura do UASB foi desenvolvida para que os processos de digestão e sedimentação se realizem em uma só unidade. A Figura 3.4, mostra o esquema de um UASB convencional. Na parte superior está localizada a zona de sedimentação e na inferior a zona de digestão. Um separador de fases se encontra próximo à superfície e separa as zonas de digestão e sedimentação. Na zona de digestão se encontram o leito de lodo e a manta de lodo, que apresentam concentração decrescente no sentido ascendente. O leito de lodo é denso e pode apresentar característica granular com diâmetro de 1 a 5 mm (CHERNICHARO, 1997). A digestão da matéria orgânica ocorre em todo o leito e na manta de lodo.

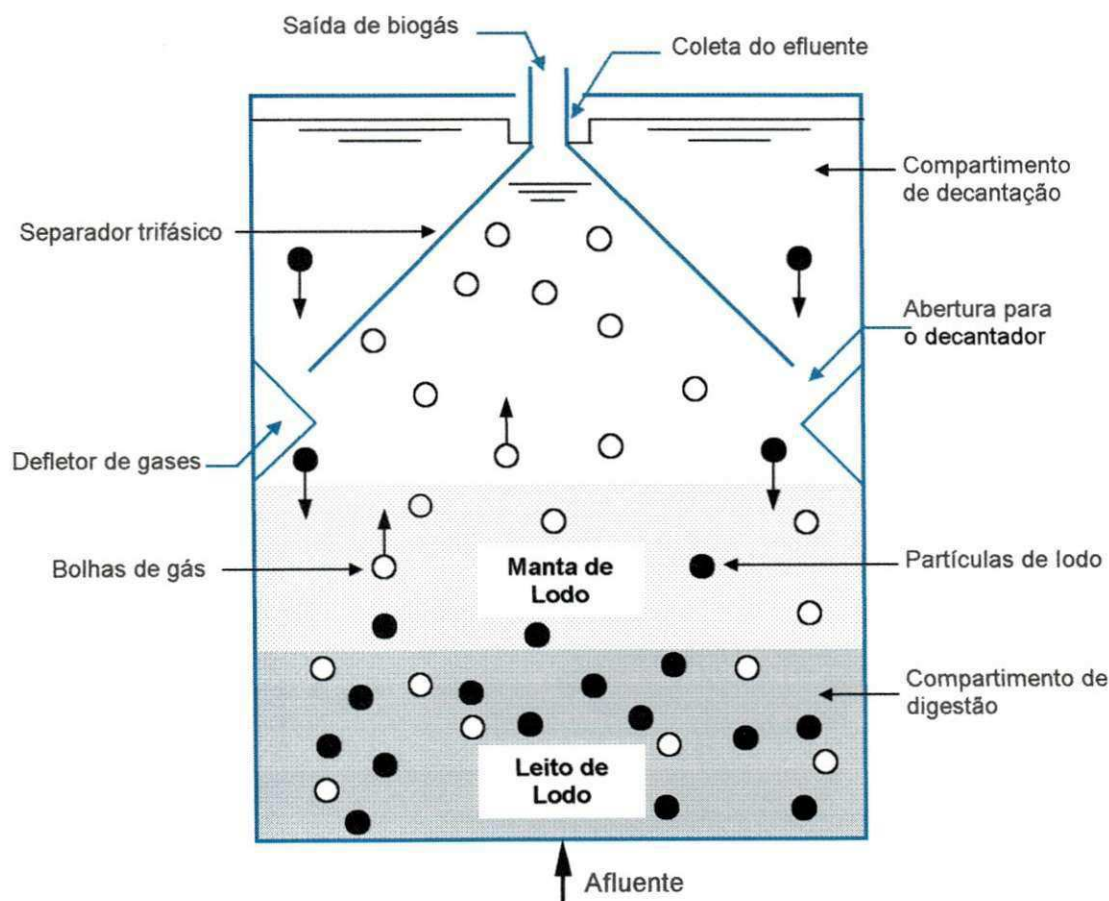


FIGURA 3.4 – ESQUEMA DE UM UASB CONVENCIONAL
FONTE: Adaptado de CHERNICHARO (1997)

O esgoto entra pelo fundo do reator e atravessa a manta de lodo enquanto é digerido. Quando o fluxo de esgoto encontra o separador de fases as bolhas de biogás produzidas na zona de digestão sobem até encontrar a interface líquido-gás e escapam pela abertura na parte superior do separador de fases deixando o reator. Flocos de lodo que possam estar aderidos às bolhas de biogás, podem subir até a interface mas, após o desprendimento do gás, tendem a decantar para voltar à manta de lodo. O esgoto flui pelas aberturas laterais do separador de fases na sua trajetória até o ponto de deságüe de efluente. A forma geométrica do separador de fases permite que o esgoto, à medida que flui pelas aberturas laterais em direção à superfície, tenha gradativamente uma maior área superficial de modo que a velocidade do líquido tende a diminuir. Os flocos de lodo que foram arrastados, encontram uma zona tranqüila, deslizam pelas paredes do separador de fases e voltam para a manta de lodo na zona de digestão. Defletores colocados nas partes laterais do reator e próximos às aberturas laterais do separador de fases impedem que as bolhas de gás escapem juntamente com o esgoto digerido.

CHERNICHARO *et al.* (1999) apresenta as principais vantagens e desvantagens do uso do UASB em relação aos sistemas aeróbios nas regiões de clima tropical e semi-tropical:

vantagens

- sistema compacto com baixa demanda de área;
- baixo custo de implantação e operação;
- baixa produção de lodo;
- baixo consumo de energia;
- eficiência satisfatória de remoção de matéria orgânica em termos de DBO e DQO;
- possibilidade de rápido reinício;
- elevada concentração do lodo excedente;
- boa desidratabilidade de lodo.

desvantagens

- possibilidade de desprendimento de maus odores;
- baixa capacidade de tolerar cargas tóxicas;

- elevado intervalo de tempo necessário para a partida do sistema;
- necessidade de uma etapa de pós-tratamento.

Uma vez que o UASB isolado não atende aos padrões estabelecidos pela legislação a solução mais viável parece ser a adoção de sistemas híbridos anaeróbio/aeróbio de tratamento. A combinação de um tratamento anaeróbio com um tratamento aeróbio eleva a qualidade dos efluentes ao nível aceitável pela legislação e pode reduzir os custos dos sistemas convencionais de tratamento. O tratamento anaeróbio/aeróbio, objeto deste trabalho, será discutido posteriormente.

3.3.3.1 Partida de um reator

Para um UASB tratando esgoto doméstico a partida geralmente não é problemática devido às características desta água residuária. O esgoto doméstico já contém as populações bacterianas necessárias à digestão anaeróbia e, na maioria das vezes, a sua capacidade de tamponação é suficiente para manter o pH na faixa adequada ao desenvolvimento da população de metanogênicas que na fase inicial ainda é pequena para converter com eficiência os produtos da fermentação.

A partida de um UASB é definida como o período de transição entre o início da alimentação do reator e o estabelecimento do estado estacionário (qualidade do efluente constante e a massa de lodo invariável qualitativa e quantitativamente com o tempo). A operação do UASB tratando esgoto doméstico pode ser iniciada com adição de inóculo ou sem adição de inóculo.

VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) relatam que a partida de reatores UASB operados em escala real e sem inóculo, em Kampur, Pedregal e Bucaramanga, ocorreu sem problemas e em um período relativamente curto que variou de 12 a 20 semanas. Observam os mesmos autores que em todos os reatores foram aplicadas as vazões totais de projeto logo no início da operação. BEZERRA (1998) operando reatores UASB tratando esgoto doméstico, sem inóculo, a uma temperatura média de 26 °C e com vários tempos de detenção hidráulica (4, 6, 8, e 14 horas) observou que a partida de todos ocorreu tranquila e em nenhum caso ultrapassou o período de 13 semanas. É consenso dos pesquisadores que tiveram experiência

em operação de reatores UASB tratando esgoto doméstico que a partida sem inóculo é viável mas que o inóculo reduz consideravelmente o tempo de partida de um reator.

A partida de um UASB tratando esgoto doméstico com inóculo se desenvolve mais rapidamente e com menos possibilidade de azedamento porque o reator já inicia com uma comunidade equilibrada de bactérias (fermentativas e metanogênicas) que precisam apenas de adaptação às características do esgoto a tratar. CHERNICHARO *et al.* (1999) recomendam a aplicação de cargas biológicas na faixa de 0,1 a 0,5 kg DQO/kg SSV.d durante a fase de partida, quando da impossibilidade de realização do teste de atividade metanogênica do inóculo. Estes mesmos autores citando LETTINGA (1984) aconselham um aumento gradativo destas cargas sempre que a remoção de DQO atingir 60%.

Metodologias para a partida de reatores UASB, com e sem inoculo, são apresentadas nas referências VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) e CHERNICHARO *et al.* (1999).

3.3.3.2 Produção e características de lodo

Em um sistema de tratamento biológico, o lodo de excesso é formado pelos sólidos que se acumulam no reator e que devem ser descarregados com uma determinada frequência; é constituído de sólidos orgânicos e inorgânicos (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). A fração inorgânica do lodo é decorrente da floculação dos sólidos inorgânicos do esgoto e a fração orgânica é consequência dos processos de floculação e do metabolismo bacteriano que ocorrem dentro do reator e é constituída de: 1) massa bacteriana, (2) sólidos orgânicos inertes e 3) resíduo endógeno.

O lodo produzido no processo anaeróbio é diferente do lodo produzido no processo aeróbio tanto em quantidade como em qualidade.

A energia livre produzida na metanogênese é muito menor do que a energia livre produzida no catabolismo oxidativo. Enquanto no metabolismo aeróbio 33% do material orgânico é catabolizado e 67% é anabolizado, no metabolismo metanogênico 97 % do material orgânico é catabolizado e apenas 3% é anabolizado (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). Pelo exposto, é correto afirmar que a produção de lodo no sistema anaeróbio é bem menor do que no sistema aeróbio.

O crescimento celular é decorrente da utilização do material orgânico e pode ser expresso pelo coeficiente de rendimento celular Y (massa bacteriana produzida por unidade de massa de material orgânico metabolizada). MARAIS & EKAMA (1976) encontraram $Y = 0,45$ mg SSV/mg DQO em sistemas aeróbios enquanto McCARTY (1990) *apud* VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) encontrou para a digestão do acetato $Y = 0,02$ mg SSV / mg DQO.

A produção de lodo nos sistemas anaeróbios é maior do que a produção mínima ($Y=0,02$ mg SSV/mg) devido às rotas metabólicas precedentes à metanogênese e à floculação dos sólidos inertes do esgoto (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). Segundo CHERNICHARO *et al.*(1999) a produção de lodo esperada nos reatores UASB é em torno de 0,1 a 0,2 kgSST/kg DQO_{aplicada}. Dados da produção de lodo em reatores UASB obtidos por vários pesquisadores são apresentados na Tabela 3.6.

TABELA 3.6 – PRODUÇÃO DE LODO BIOLÓGICO EM REATORES UASB

REFERÊNCIAS	a Produção (gSST/hab.dia)	b Teor de Sólidos (g/l)	c Teor de água (%)	a / b Quantidade de lodo l/(hab.dia)
AISSE (1993)	15 – 25	–	–	–
LOUWE KOOIMANS <i>et al</i>	20	–	–	–
HASKONING	10 – 20	50 – 100	90 – 95	0,2
VIEIRA & SOUZA	22	72	93	0,31
HASKONING <i>et al</i>	15	60 a 80	93	0,21
VAN HAANDEL & LETTINGA	16	50 a 75	93	0,26

FONTE: AISSE *et al.* (1999)

Devido às suas características o lodo anaeróbio apresenta muitas vantagens em relação ao lodo aeróbio. As principais características do lodo de reatores UASB relatadas são listadas a seguir:

- alto grau de estabilização devido à elevada idade de lodo no reator biológico que permite o seu lançamento em unidades de secagem sem qualquer etapa prévia de tratamento (CHERNICHARO *et al.*, 1999);
- lenta taxa de decaimento que possibilita o seu armazenamento por longos períodos (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994);

- alta concentração de sólidos (3 a 5%), permitindo descarte de pequenos volumes (CHERNICHARO *et al.*, 1999);
- facilidade de desidratação (CHERNICHARO *et al.*, 1999);

Características numéricas específicas de lodo de reatores UASB, operados em escala real, em relação à atividade, estabilidade e produção específica para vários tempos de detenção podem ser encontradas em VAN HAANDEL & LETTINGA (1994).

3.4 TRATAMENTO AERÓBIO COM LODO ATIVADO

Segundo a literatura, as experiências com a aeração de esgoto procedem desde os anos 1800s. Em 1912, por sugestão do Dr. G. J. Fowler, Lockett e Adern, em Manchester, aeraram esgoto por várias semanas, para imitar um experimento observado pelo Dr. Fowler quando de sua visita a Munssachusetts nos U.S.A (I.W.P.C., 1987). Durante 1913 e 1914 eles aeraram esgoto continuamente e observaram uma completa nitrificação. O líquido tratado foi deixado decantar e o sobrenadante, foi retirado e aerado novamente com um pequeno inóculo do material sedimentado. Experimentos sucessivos foram levados a efeito até que foi observada uma completa oxidação do esgoto em um período de 24 horas. Em 1914 o experimento foi realizado em escala real, em Manchester, tendo difusores porosos de ar como aeradores. O primeiro sistema de tratamento de esgoto com lodo ativado foi instalado na Inglaterra em Worcester em 1916.

Desde a sua criação, o processo de lodo ativado vem sendo aprimorado e utilizado em todo o mundo. Atualmente é referenciado como o processo de tratamento biológico mais completo por poder realizar completa remoção do material biodegradável, excelente remoção de sólidos em suspensão e de nutrientes como nitrogênio e fósforo. O efluente de uma estação de tratamento de lodo ativado, quando adequadamente projetada e operada, pode satisfazer as exigências da legislação nos aspectos de concentração de DBO, sólidos em suspensão e nutrientes (nitrogênio e fósforo).

As desvantagens do sistema de lodo ativado são a ineficiência na remoção de organismos patogênicos e o alto custo de construção e operação.

em que

$S_{te(UASB)}$ = DQO do efluente do UASB (g DQO. ℓ^{-1}).

$$MS_x = \frac{f_{cv} \cdot (S_4 \cdot V_4 + 0,5 \cdot S_3 \cdot V_3)}{7}, \text{ para os experimentos 1, 2, 3, 4 e 5 e} \quad (4.11)$$

$$MS_x = \frac{0,5 \cdot S \cdot V_{r(UASB)}}{7}, \text{ para os experimentos 6, 7, 8, 9 e 10} \quad (4.12)$$

4.7.2 Balanço de Material Orgânico no Sistema de Lodo Ativado

No sistema de lodo ativado a massa diária de DQO afluyente deve ser igual ao somatório das massas de DQO no efluente, no lodo de excesso e oxidada no sistema de forma que o balanço de massa de DQO (Figura 4.11) pode ser expresso pela equação:

$$MS_{ta(LA)} = MS_{te(LA)} + MS_{x(LA)} + MS_{o(LA)} \quad (4.13)$$

ou

$$B_o(LA) = \frac{MS_{te(LA)}}{MS_{ta(LA)}} + \frac{MS_{x(LA)}}{MS_{ta(LA)}} + \frac{MS_{o(LA)}}{MS_{ta(LA)}} \quad (4.14)$$

ou

$$B_o(LA) = mS_{te(LA)} + mS_{x(LA)} + mS_{o(LA)} \quad (4.15)$$

em que

$B_o(LA)$ = fator de recuperação de DQO do sistema de lodo ativado

$MS_{ta(LA)}$ = massa diária de DQO no afluyente do sistema de lodo ativado
(g DQO. d^{-1})

$MS_{te(LA)}$ = massa diária de DQO no efluente do sistema de lodo ativado
(g DQO. d^{-1});

$MS_{x(LA)}$ = massa diária de DQO no lodo de excesso do sistema de lodo ativado (g DQO.d^{-1});

$MS_{o(LA)}$ = massa diária de DQO oxidada no sistema de lodo ativado (g DQO.d^{-1}) e

$mS_{te(LA)}$, $mS_{x(LA)}$, $mS_{o(LA)}$ = frações da DQO afluente no efluente, lodo de excesso e oxidada, respectivamente.

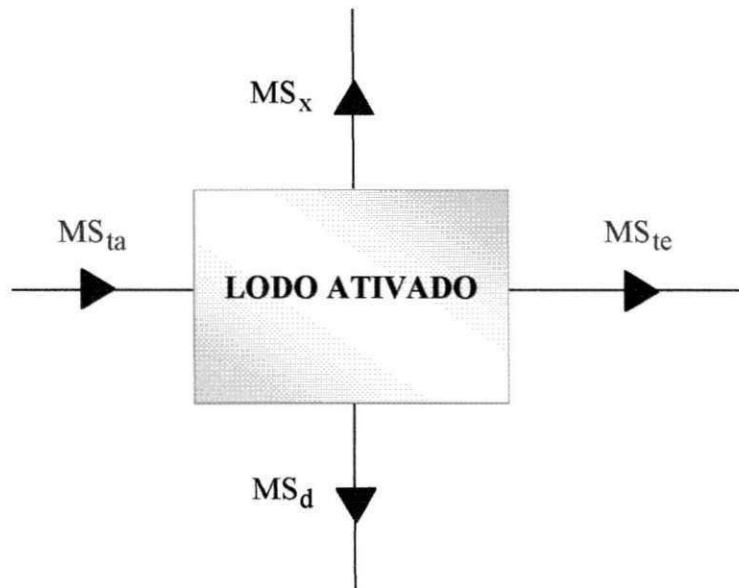


FIGURA 4.11 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE MATERIAL ORGÂNICO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

Os fluxos de massa da equação do balanço são expressos pelas equações:

$$MS_{ta(LA)} = Q_{ef(UASB)}^* \cdot S_{te(UASB)}, \text{ para os experimentos 1, 2 e 3) e} \quad (4.16)$$

$$MS_{ta(LA)} = Q_{ef(UASB)}^* \cdot S_{te(UASB)} + Q_{EB(2)} \cdot S_{t(EB)}, \text{ para os experimentos 4, 5, 6, 7,} \quad (4.17)$$

8, 9 e 10,

$$Q_{ef(UASB)}^* = Q_{EB(1)} \quad (4.18)$$

em que

$Q_{ef(UASB)}^*$ = vazão efluente do reator UASB sem a parcela de vazão q_2 ($\ell \cdot d^{-1}$)

$Q_{EB(2)}$ = vazão de esgoto bruto adicionada diretamente ao sistema de lodo ativado ($\ell \cdot d^{-1}$);

$S_{t(EB)}$ = DQO do esgoto bruto ($g \text{ DQO} \cdot \ell^{-1}$).

Observação: Para os cálculos do balanço de massa do sistema de lodo ativado a vazão efluente do UASB foi considerada sem a parcela q_2 porque o lodo de excesso (causador desta parcela de vazão) era adicionado ao UASB diariamente, todo de uma vez, no final da manhã. O erro correspondente em nenhum dos experimentos foi maior do que 2,4%.

$$MS_{te(LA)} = Q_{EB(1)} \cdot S_{te(LA)}, \text{ nos experimentos 1, 2 e 3} \quad (4.19)$$

$$MS_{te(LA)} = (Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)}) \cdot S_{te(LA)}, \text{ nos experimentos 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10} \quad (4.20)$$

sendo

$S_{te(LA)}$ = DQO efluente do sistema de lodo ativado ($g \text{ DQO} \cdot \ell^{-1}$).

$$MS_{x(LA)} = q_2 \cdot f_{cv} \cdot X_{V(LA)} \quad (4.21)$$

sendo

q_2 = vazão de lodo de excesso do sistema de lodo ativado ($\ell \cdot d^{-1}$)

e

$X_{V(LA)}$ = concentração de sólidos suspensos voláteis do sistema de lodo ativado ($g \text{ SSV} \cdot \ell^{-1}$)

$$MS_{o(LA)} = MO_T, \text{ nos experimentos sem nitrificação (1, 2, 3, 4, 5 e 6)} \quad (4.22)$$

$$MO_T = MO_c \quad (4.23)$$

$$MO_T = V_{r(aer)} \cdot TCO \quad (4.24)$$

em que:

MO_T = massa total de oxigênio consumido no sistema de lodo ativado ($g O_2 \cdot d^{-1}$)

MO_c = massa diária de oxigênio consumido para a oxidação do material orgânico no sistema de lodo ativado ($g O_2 \cdot d^{-1}$)

$V_{r(aer)}$ = volume do reator aeróbio do sistema de lodo ativado (ℓ)

TCO = taxa de consumo de oxigênio do reator aeróbio ($g O_2 \cdot \ell^{-1} \cdot d^{-1}$)

Para determinar a massa diária de DQO oxidada no sistema de lodo ativado quando ocorrem, além da remoção de matéria orgânica, os processos de nitrificação e desnitrificação, é necessário fazer primeiro o balanço de massa de nitrogênio no sistema porque, nesse caso a massa diária de DQO oxidada no sistema (MS_o) é igual à massa diária de oxigênio consumida (MO_c) mais a massa diária de oxigênio recuperada (MO_{eq}) no processo de desnitrificação, de forma que:

$$MS_{o(LA)} = MO_c + MO_{eq}, \text{ nos experimentos com nitrificação e desnitrificação (7, 8, (4.25) 9 e 10)}$$

sendo que

$$MO_c = MO_T - MO_n, \quad (4.26)$$

$$MO_n = 4,57 \cdot (MN_{NTKaf(LA)} - MN_{I(LA)} - MN_{NTKef(LA)}) \text{ e} \quad (4.27)$$

$$MO_{eq} = 2,86 \cdot MN_d \quad (4.28)$$

em que

MO_n = massa diária de oxigênio para a nitrificação no sistema de lodo ativado ($g O_2 \cdot d^{-1}$)

MO_{eq} = massa diária de oxigênio equivalente recuperado na desnitrificação ($g O_2 \cdot d^{-1}$)

$MN_{NTKaf}(LA)$ = massa diária de NTK no afluente do sistema de lodo ativado ($g N.d^{-1}$)

$MN_{I(LA)}$ = massa diária de nitrogênio no lodo de excesso do sistema de lodo ativado
($g N.d^{-1}$)

$MN_{NTKef}(LA)$ = massa diária de nitrogênio no sistema de lodo ativado ($g N.d^{-1}$)

MN_d = massa diária de nitrogênio desnitrificada no sistema de lodo ativado ($g N.d^{-1}$)

4.7.3 Balanço de massa de nitrogênio no sistema de lodo ativado

O nitrogênio do afluente no sistema de lodo ativado pode deixar o sistema sob as formas de: 1) material sólido no lodo de excesso, 2) material dissolvido no efluente e 3) material gasoso (N_2) para a atmosfera (VAN HAANDEL & MARAIS, 1999).

O balanço de nitrogênio no sistema de lodo ativado (Figura 4.12) pode ser escrito como:

$$MN_{ta(LA)} = MN_{te(LA)} + MN_{I(LA)} + MN_{d(LA)} \quad (4.29)$$

ou

$$B_n = \frac{MN_{te(LA)} + MN_{I(LA)} + MN_{d(LA)}}{MN_{ta(LA)}} \quad (4.30)$$

em que

B_n = fator de recuperação de nitrogênio

$MN_{ta(LA)}$ = massa diária de nitrogênio total no afluente do sistema de lodo ativado ($gN.d^{-1}$)

$MN_{te(LA)}$ = massa diária de nitrogênio total no efluente do sistema de lodo ativado ($gN.d^{-1}$)

$MN_{I(LA)}$ = massa diária de nitrogênio no lodo de excesso do sistema de lodo ativado
($gN.d^{-1}$)

$MN_{d(LA)}$ = massa diária de nitrogênio desnitrificado no sistema de lodo ativado ($gN.d^{-1}$)

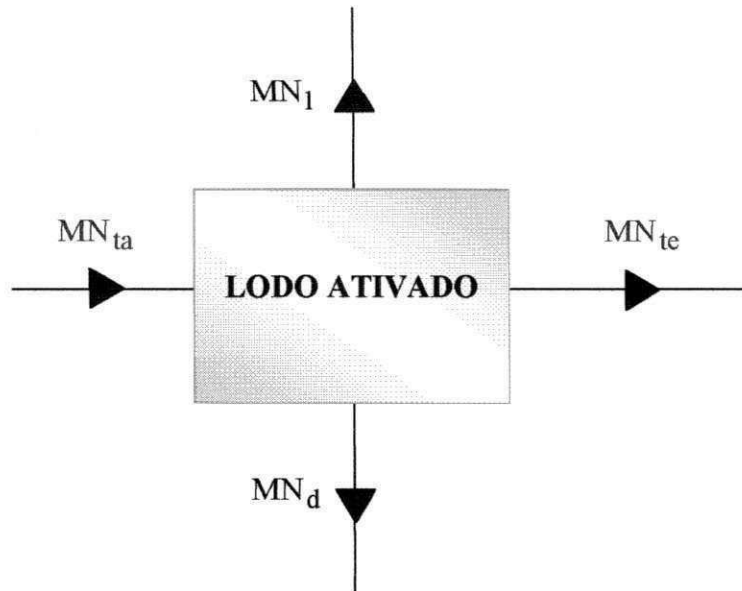


FIGURA 4.12 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

Os fluxos de massa da equação do balanço podem ser expressos pelas equações:

$$MN_{ta(LA)} = (Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)}) \cdot (N_{NTKaf(LA)} + N_{nafl(LA)}) \quad (4.31)$$

em que

$N_{NTKaf(LA)}$ = concentração de NTK no afluente do sistema de lodo ativado ($gN \cdot \ell^{-1}$)

$N_{nafl(LA)}$ = concentração de nitrato no afluente do sistema de lodo ativado ($gN \cdot \ell^{-1}$)

$$M_{Nte(LA)} = (Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)}) \cdot (N_{NTKef(LA)} + N_{nef(LA)}) \quad (4.32)$$

em que

$N_{NTKef(LA)}$ = concentração de NTK no efluente do sistema de lodo ativado ($gN \cdot \ell^{-1}$)

$N_{nef(LA)}$ = concentração de nitrato no efluente do sistema de lodo ativado ($gN \cdot \ell^{-1}$)

$$MN_{I(LA)} = \frac{f_n \cdot V_{R(LA)} \cdot X_{v(LA)}}{R_{s(LA)}} \quad (4.33)$$

em que

f_n = fração de nitrogênio no lodo volátil = 0,1 gN.(gSSV)⁻¹

$V_{R(LA)}$ = volume total dos reatores do sistema de lodo ativado (ℓ)

$X_{v(LA)}$ = concentração média de sólidos suspensos voláteis no sistema de lodo ativado (gSSV.ℓ⁻¹)

$R_{s(LA)}$ = idade de lodo do sistema de lodo ativado (d)

$$MN_{d(LA)} = MN_{d(ANI)} + MN_{d(ANII)} + MN_{d(DEC)} \quad (4.34)$$

$$MN_{d(ANI)} = Q_{af(ANI)} \cdot \Delta N_n(ANI) \quad (4.35)$$

$$Q_{af(ANI)} = Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)} + Q_s + Q_a \quad (4.36)$$

$$\Delta N_n(ANI) = N_{naf(ANI)} - N_n(ANI) \quad (4.37)$$

$$N_{naf(ANI)} = \frac{(Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)})N_{naf(LA)} + Q_a \cdot N_n(AER) + Q_s \cdot N_n(DEC)}{Q_{af(ANI)}} \quad (4.38)$$

em que,

$MN_{d(ANI)}$ = massa diária de nitrogênio desnitrificado no reator anóxico I (gN.d⁻¹)

$Q_{af(ANI)}$ = vazão afluente ao reator anóxico I (ℓ.d⁻¹)

$\Delta N_n(ANI)$ = variação da concentração de nitrato no reator anóxico I (gN.ℓ⁻¹)

$N_{naf(ANI)}$ = concentração de nitrato no afluente do reator anóxico I (gN.ℓ⁻¹)

$N_n(AER)$ = concentração de nitrato no reator aeróbio (gN.ℓ⁻¹)

$N_{n(DEC)}$ = concentração de nitrato no decantador ($gN.l^{-1}$)

Q_a = vazão de recirculação do reator aeróbio para o reator anóxico I ($l.d^{-1}$)

Q_s = vazão de recirculação do lodo do decantador para o reator anóxico I ($l.d^{-1}$)

$$MN_{d(ANII)} = Q_{af(ANII)} \cdot \Delta N_{n(ANII)} \quad (4.39)$$

$$Q_{af(ANII)} = Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)} + Q_s \quad (4.40)$$

$$\Delta N_{n(ANII)} = N_{n(AER)} - N_{n(ANII)} \quad (4.41)$$

em que

$MN_{d(ANII)}$ = massa diária de nitrogênio desnitrificada no reator anóxico II ($gN.d^{-1}$)

$Q_{af(ANII)}$ = vazão afluyente ao reator anóxico II ($l.d^{-1}$)

$\Delta N_{n(ANII)}$ = variação da concentração de nitrato no reator anóxico II ($gN.l^{-1}$)

$$MN_{d(DEC)} = Q_{af(DEC)} \cdot \Delta N_{n(DEC)} \quad (4.42)$$

$$Q_{af(DEC)} = Q_{af(AN2)} \quad (4.43)$$

ou

$$Q_{af(DEC)} = Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)} + Q_s \quad (4.44)$$

$$\Delta N_{n(DEC)} = N_{n(ANII)} - N_{n(DEC)} \quad (4.45)$$

em que

$MN_{d(DEC)}$ = massa diária de nitrogênio desnitrificado no decantador ($gN.d^{-1}$)

$Q_{af(DEC)}$ = vazão afluyente ao decantador ($l.d^{-1}$)

$\Delta N_{n(DEC)}$ = variação da concentração de nitrato no decantador ($gN.l^{-1}$)

4.7.4 Balanço de Massa de DQO no Sistema Anaeróbio/Aeróbio

O balanço de massa de DQO no sistema anaeróbio/aeróbio (Figura 4.13) segue o mesmo princípio do balanço do UASB e do sistema de lodo ativado e é uma combinação dos dois balanços:

$$MS_{ta(S)} = MS_{te(S)} + MS_{x(S)} + MS_{o(S)} + MS_{d(S)} \quad (4.46)$$

ou

$$B_{o(S)} = \frac{MS_{te(S)} + MS_{x(S)} + MS_{o(S)} + MS_{d(S)}}{MS_{ta(S)}} \quad (4.47)$$

ou

$$B_{o(S)} = mS_{te(S)} + mS_{x(S)} + mS_{o(S)} + mS_{d(S)} \quad (4.48)$$

em que

$B_{o(S)}$ = fator de recuperação de DQO no sistema anaeróbio/aeróbio;

$MS_{te(S)}$ = massa diária de DQO no efluente do sistema anaeróbio/aeróbio (g DQO.d⁻¹);

$MS_{x(S)}$ = massa diária de DQO no lodo de excesso do sistema anaeróbio/aeróbio (g DQO.d⁻¹);

$MS_{o(S)}$ = massa diária de DQO oxidada no sistema anaeróbio/aeróbio (g DQO.d⁻¹);

$MS_{d(S)}$ = massa diária de DQO digerida no sistema anaeróbio/aeróbio (g DQO.d⁻¹) e

$mS_{te(S)}$, $mS_{x(S)}$, $mS_{o(S)}$, $mS_{d(S)}$ = frações da DQO afluente presentes no efluente, no lodo de excesso, oxidada e digerida, respectivamente.

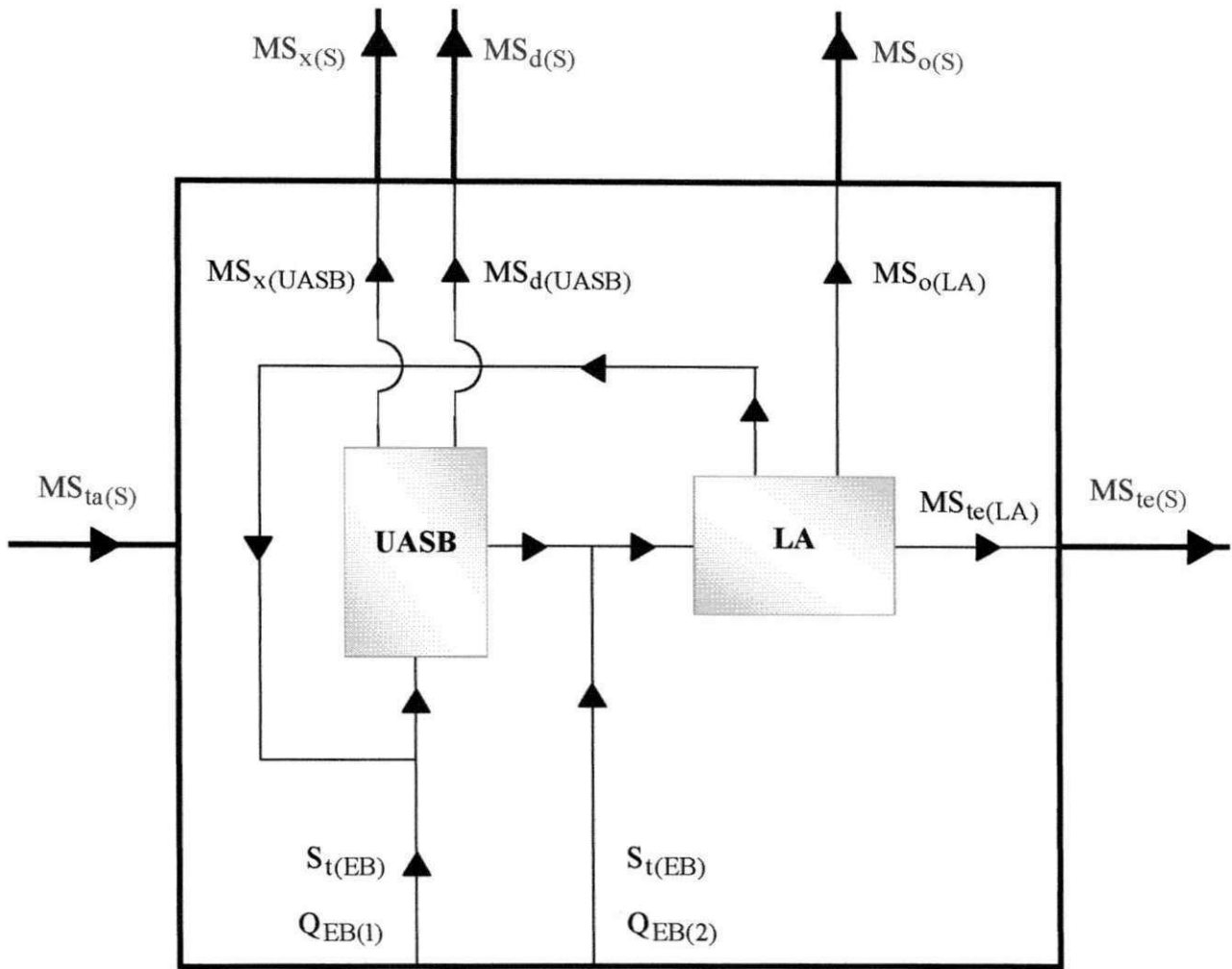


FIGURA 4.13 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO BALANÇO DE MASSA DE MATERIAL ORGÂNICO NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

Os fluxos de massa da equação do balanço são expressos pelas equações:

$$MS_{ta(S)} = Q_{af(S)} \cdot S_{t(EB)} \tag{4.49}$$

$$Q_{af(S)} = Q_{EB(1)}, \text{ nos experimentos 1, 2 e 3} \tag{4.50}$$

$$Q_{af(S)} = Q_{EB(1)} + Q_{EB(2)}, \text{ nos experimentos 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10} \tag{4.51}$$

$$MS_{te(S)} = Q_{ef(S)} \cdot S_{te(S)} \tag{4.52}$$

$$Q_{\text{ef}(S)} = Q_{\text{EB}(1)}, \text{ nos experimentos 1, 2 e 3} \quad (4.53)$$

$$Q_{\text{ef}(S)} = Q_{\text{EB}(1)} + Q_{\text{EB}(2)}, \text{ nos experimentos 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10} \quad (4.54)$$

$$S_{\text{te}(S)} = S_{\text{te}(LA)} \quad (4.55)$$

em que

$S_{\text{te}(S)}$ = concentração de DQO do efluente do sistema anaeróbio/aeróbio (g DQO.d⁻¹)

$$MS_{\text{x}(S)} = MS_{\text{x}(UASB)} \quad (4.56)$$

$$MS_{\text{o}(S)} = MS_{\text{o}(LA)} \quad (4.57)$$

$$MS_{\text{d}(S)} = MS_{\text{d}(UASB)} \quad (4.58)$$

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

No presente trabalho, os dados brutos estão apresentados nas Tabelas A, em anexo. Estas são enumeradas por experimento e apresentam os dados em seqüência cronológica. No final de cada tabela é apresentada a análise estatística descritiva.

5.1 ESGOTO BRUTO AFLUENTE DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

Os valores médios, mínimos, máximos e os números de observações das características do esgoto bruto são apresentados na Tabela 5.1. As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram as médias e limites de confiança de 95% (análise de variância fator único seguida do método GT-2) de DQO, DBO, NITROGÊNIO AMONÍACAL, AB (Alcalinidade de bicarbonato), e AAGV (Alcalinidade de Ácidos Graxos Voláteis), SST (Sólidos Suspensos Totais) e NTK (Nitrogênio Total Kjeldahl) do esgoto bruto, respectivamente.

TABELA 5.1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ESGOTO BRUTO AFLUENTE DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	Média	25	29	29	27	26	29	29	27	28	28
	Mínimo	23	28	28	25	25	27	27	26	27	27
	Máximo	29	30	30	29	27	30	29	29	29	29
	n	13	12	11	11	6	7	5	12	8	11
Potencial hidrogeniônico	Média	7,4	7,1	7,1	7,3	7,5	7,4	7,2	7,2	7,5	7,4
	Mínimo	7,2	6,9	6,7	7,2	7,3	7,3	7,0	6,8	7,4	7,2
	Máximo	7,6	7,4	7,4	7,6	7,6	7,5	7,3	7,5	7,6	7,7
	n	14	13	11	11	6	7	5	12	8	11
Demanda química de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	476	752	507	353	528	722	340	683	727	541
	Mínimo	248	541	385	208	254	395	268	221	627	386
	Máximo	650	918	909	534	795	1157	435	1000	797	654
	n	14	13	10	11	5	7	5	12	8	11
Demanda bioquímica de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	–	–	354	214	460	432	299
	Mínimo	–	–	–	–	–	155	163	371	305	194
	Máximo	–	–	–	–	–	574	359	593	494	412
	n	–	–	–	–	–	5	5	3	4	6
Alcalinidade de bicarbonato (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	308	455	228	252	–	348	245	297	341	308
	Mínimo	270	275	134	204	–	328	183	159	302	250
	Máximo	346	504	257	297	–	381	314	339	413	431
	n	14	13	11	11	–	6	6	12	8	11
Alcalinidade de ácidos graxos voláteis (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	45	72	78	66	–	135	90	99	92	64
	Mínimo	25	57	43	60	–	114	55	39	61	23
	Máximo	57	84	111	80	–	153	192	178	127	88
	n	14	13	11	11	–	6	6	11	8	11
Sólidos suspensos totais (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	504	339	304	285	–	399	–	228
	Mínimo	–	–	334	198	126	12	–	109	–	112
	Máximo	–	–	822	590	432	456	–	842	–	422
	n	–	–	10	10	4	6	–	12	–	11
Sólidos sedimentáveis (ml.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	3,0	3,7	2,6	5,5	0,7	4,4	3,6	3,5
	Mínimo	–	–	0,6	1,7	1,0	2,0	0,2	0,5	1,5	1,5
	Máximo	–	–	6,0	5,5	5,0	11,0	2,0	12,0	5,3	4,5
	n	–	–	11	9	5	7	5	12	6	6
Nitrogênio amoniacal (mgN.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	38	46	61	37	46	51	44
	Mínimo	–	–	–	24	40	54	20	17	41	37
	Máximo	–	–	–	48	51	76	45	69	62	51
	n	–	–	–	10	5	6	5	12	8	11
Nitrogênio total Kjeldahl (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	–	–	–	54	74	75	63
	Mínimo	–	–	–	–	–	–	47	31	65	47
	Máximo	–	–	–	–	–	–	63	105	85	74
	n	–	–	–	–	–	–	4	12	6	10

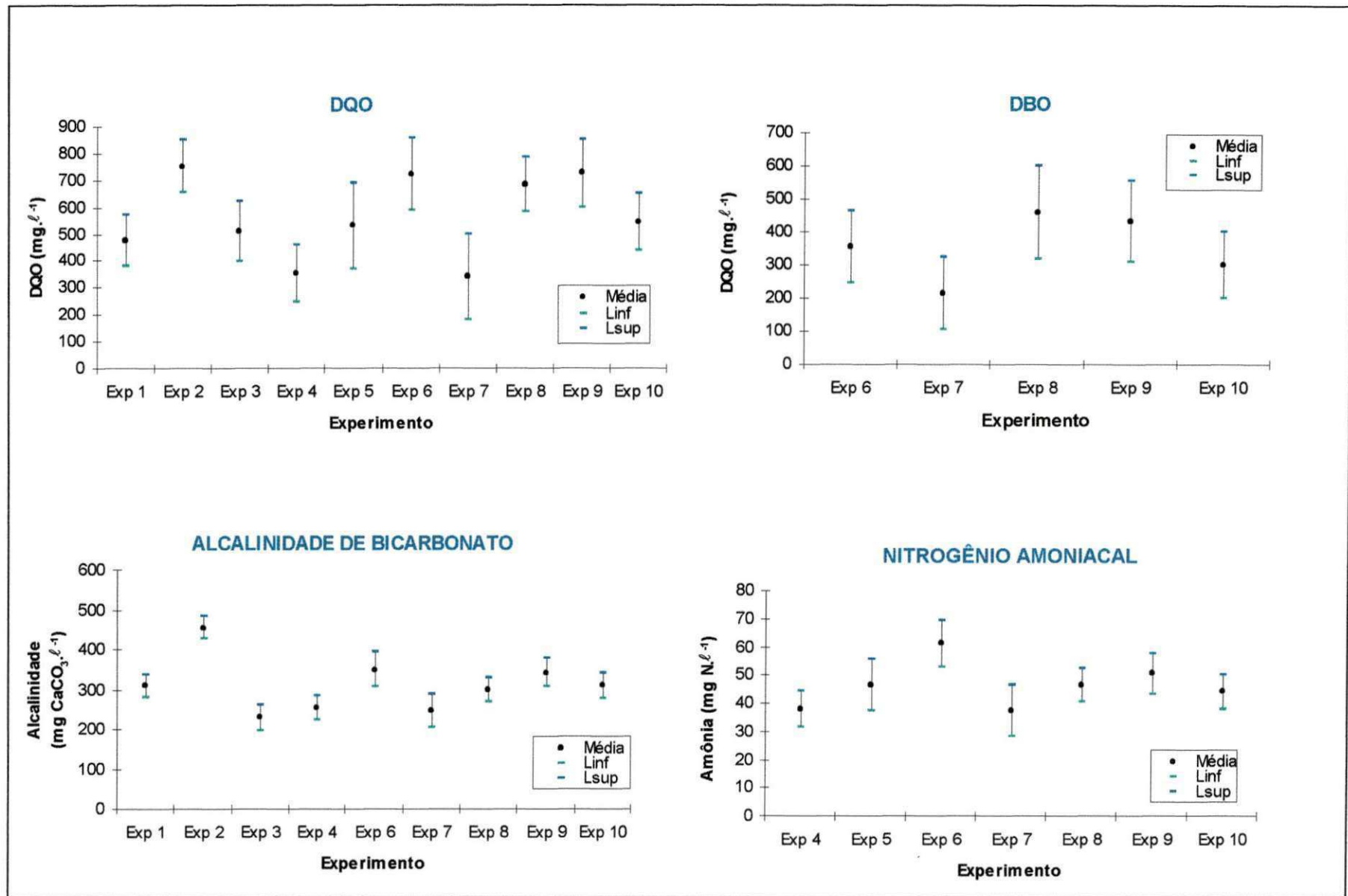


FIGURA 5.1 – MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE DQO, DBO, AB e NITROGÊNIO AMONIAL DO ESGOTO BRUTO

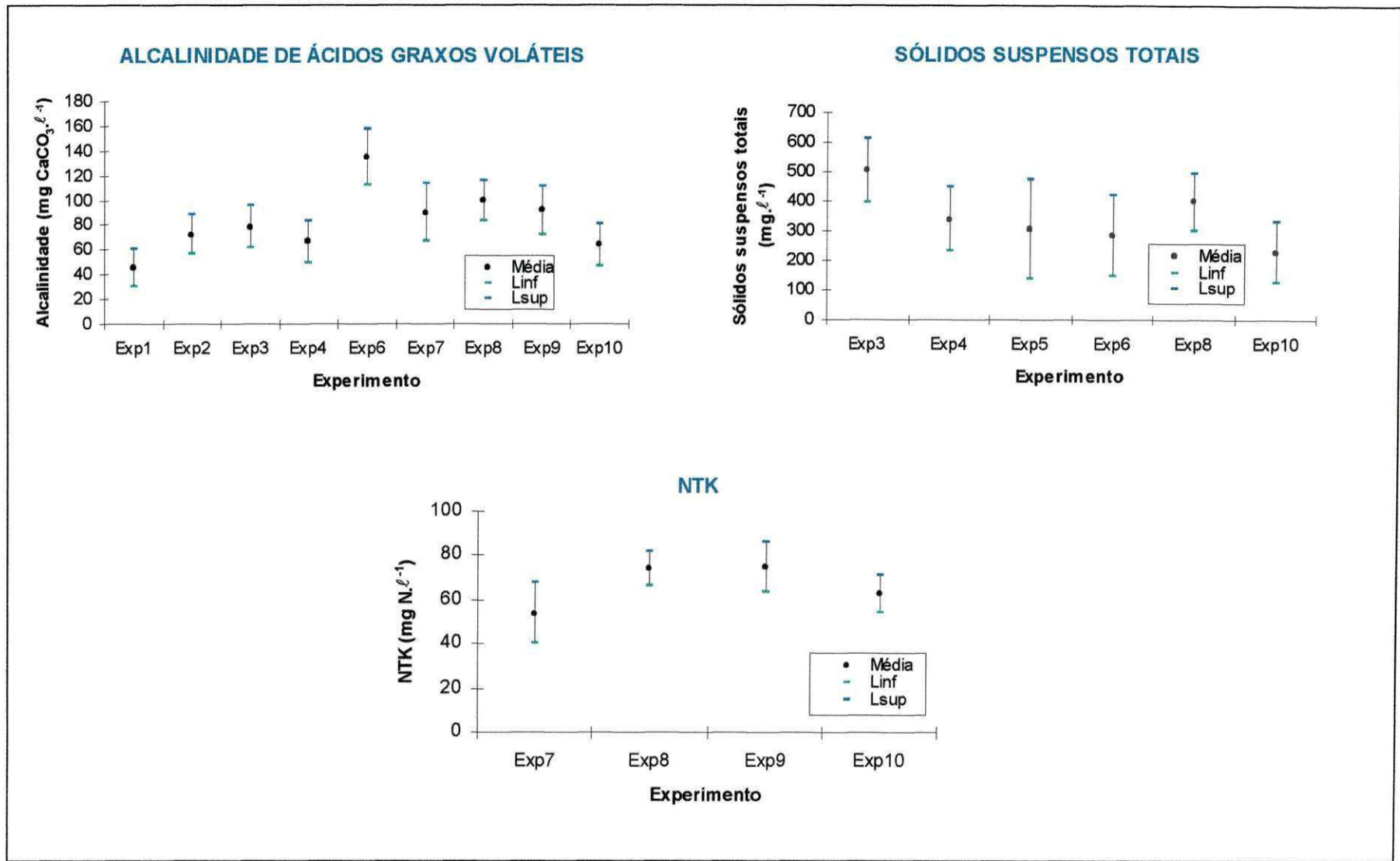


FIGURA 5.2 – MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE AAGV, SST E NTK DO ESGOTO BRUTO

5.2 O REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO UASB

As características operacionais aplicadas ao UASB em todos os experimentos estão apresentadas no Capítulo 4, na Tabela 4.1. Os valores médios, mínimos, máximos e os números de observações das cargas orgânicas volumétricas aplicadas ao reator são apresentados na Tabela 5.2. As médias e os limites de confiança de 95% (anova fator único e método GT-2) das cargas orgânicas volumétricas totais aplicadas ao UASB são ilustradas na Figura 5.3.

TABELA 5.2 – CARGAS ORGÂNICAS VOLUMÉTRICAS APLICADAS AO REATOR UASB

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COV _T ⁽¹⁾ (kgDQO/m ³ .d)	Média	2,72	8,80	6,30	7,44	4,80	3,36	1,62	2,61	2,64	2,56
	Mínimo	1,42	6,35	4,98	5,82	2,60	2,11	1,34	1,17	2,34	2,09
	Máximo	3,71	10,65	10,95	10,15	5,99	5,17	1,90	3,62	2,86	2,88
	n	14	13	10	10	4	7	5	12	7	9
COV _{EB} ⁽²⁾ (kgDQO/m ³ .d)	Média	2,72	8,59	5,79	4,35	3,13	2,17	1,02	2,05	2,15	2,25
	Mínimo	1,42	6,18	4,40	2,63	1,45	1,19	0,80	0,66	1,88	1,54
	Máximo	3,71	10,49	10,39	6,75	4,54	3,47	1,31	3,00	2,38	2,62
	n	14	13	10	10	4	7	5	12	7	9
COV _{LA} ⁽³⁾ (kgDQO/m ³ .d)	Média	–	0,21	0,51	3,10	1,66	1,19	0,60	0,56	0,49	0,32
	Mínimo	–	0,14	0,30	1,92	1,15	0,90	0,52	0,38	0,46	0,19
	Máximo	–	0,30	0,63	4,01	2,42	1,70	0,82	0,69	0,57	0,54
	n	–	13	10	10	4	7	5	12	7	9

NOTAS: 1. Carga orgânica volumétrica total aplicada ao reator UASB

2. Carga orgânica volumétrica de esgoto bruto aplicada ao reator UASB

3. Carga orgânica volumétrica de lodo ativado aplicada ao reator UASB

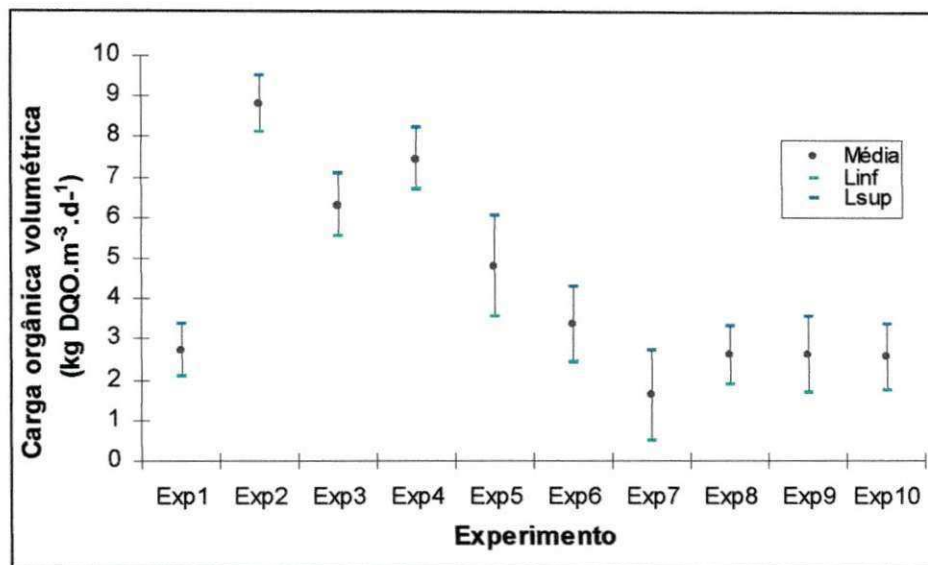


FIGURA 5.3 – MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DAS CARGAS ORGÂNICAS VOLUMÉTRICAS TOTAIS APLICADAS AO REATOR UASB

Os valores médios, mínimos, máximos e os números de observações das características físico-químicas do efluente do reator UASB estão na Tabela 5.3.

As médias e limites de confiança (anova fator único e método GT-2) de DQO, DBO, AB, SST e AAGV, NITROGÊNIO AMONÍACAL, NTK do efluente do UASB estão apresentadas nas Figuras 5.4 e 5.5, respectivamente.

TABELA 5.3 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO EFLUENTE DO REATOR UASB

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	Média	23	29	26	25	24	26	26	22	23	24
	Mínimo	22	26	25	24	23	25	25	21	23	23
	Máximo	24	32	27	27	24	27	26	23	24	25
	n	9	10	11	11	6	7	5	12	8	11
Potencial hidrogênionico	Média	7,1	7,2	6,9	7,0	7,0	6,7	6,7	6,9	7,1	7,1
	Mínimo	6,8	6,9	6,7	6,8	6,8	6,6	6,6	6,8	6,9	6,9
	Máximo	7,7	7,7	7,2	7,2	7,2	6,8	6,8	7,2	7,2	7,4
	n	12	13	10	11	6	7	5	12	8	11
Demanda química de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	148	341	138	194	217	208	196	250	254	188
	Mínimo	59	142	106	137	141	150	163	157	198	150
	Máximo	285	922	191	252	262	260	266	359	310	281
	n	13	12	10	11	6	7	5	12	8	11
Demanda bioquímica de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	–	–	154	109	128	148	134
	Mínimo	–	–	–	–	–	102	50	61	85	59
	Máximo	–	–	–	–	–	246	136	229	203	194
	n	–	–	–	–	–	5	5	3	4	6
Alcalinidade de bicarbonato (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	277	449	217	216	–	383	292	347	425	329
	Mínimo	243	262	179	187	–	360	216	296	372	252
	Máximo	302	579	319	266	–	406	345	369	476	408
	n	13	13	11	11	–	6	6	12	8	11
Alcalinidade de ácidos graxos voláteis (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	23	28	50	54	–	112	69	93	49	54
	Mínimo	17	18	29	40	–	38	33	33	26	30
	Máximo	32	34	80	60	–	175	137	164	67	89
	n	13	13	11	11	–	6	6	12	8	11
Sólidos suspensos totais (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	281	254	65	90	–	70	–	68
	Mínimo	–	–	208	120	28	50	–	15	–	28
	Máximo	–	–	382	434	100	150	–	197	–	106
	n	–	–	11	10	4	7	–	8	–	11
Sólidos sedimentáveis (m ℓ.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	0,7	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mínimo	–	–	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Máximo	–	–	2,5	0,2	0,3	3,0	0,0	0,3	0,1	0,5
	n	–	–	11	10	4	7	5	12	6	6
Nitrogênio amoniacal (mgN.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	22	26	59	37,7	43,8	47,5	38,1
	Mínimo	–	–	–	17	17	52	24,6	34,1	38,8	17,3
	Máximo	–	–	–	34	30	68	45,4	55,3	52,9	54,1
	n	–	–	–	10	5	6	5	12	8	11
Nitrogênio total Kjeldahl (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	–	–	–	46,7	55,1	63,1	51
	Mínimo	–	–	–	–	–	–	41,4	43,5	49,4	35,3
	Máximo	–	–	–	–	–	–	53,2	67	74,1	65,9
	n	–	–	–	–	–	–	3	12	8	9

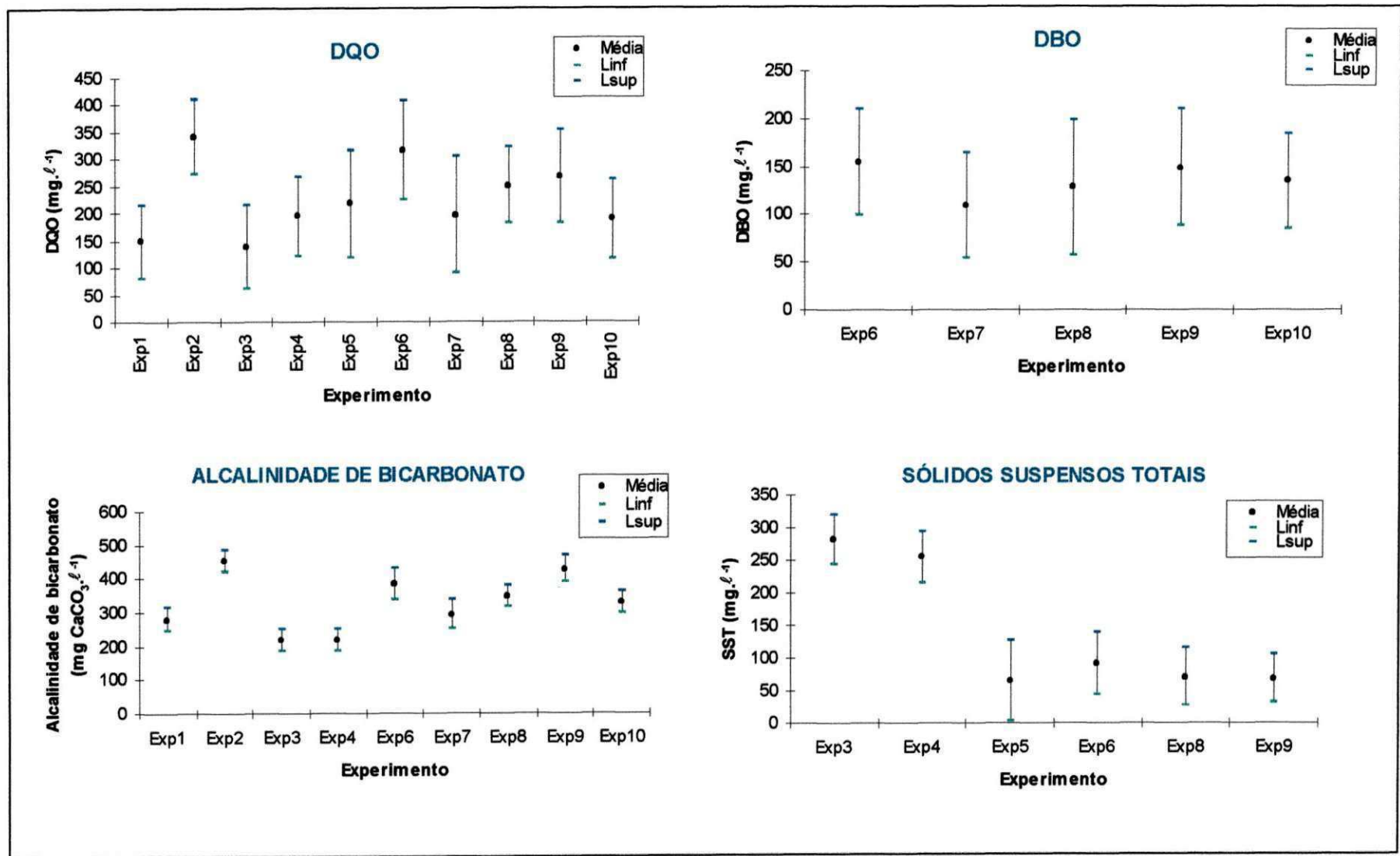


FIGURA 5.4 – MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE DQO, DBO, AB E SST DO EFLUENTE DO REATOR UASB

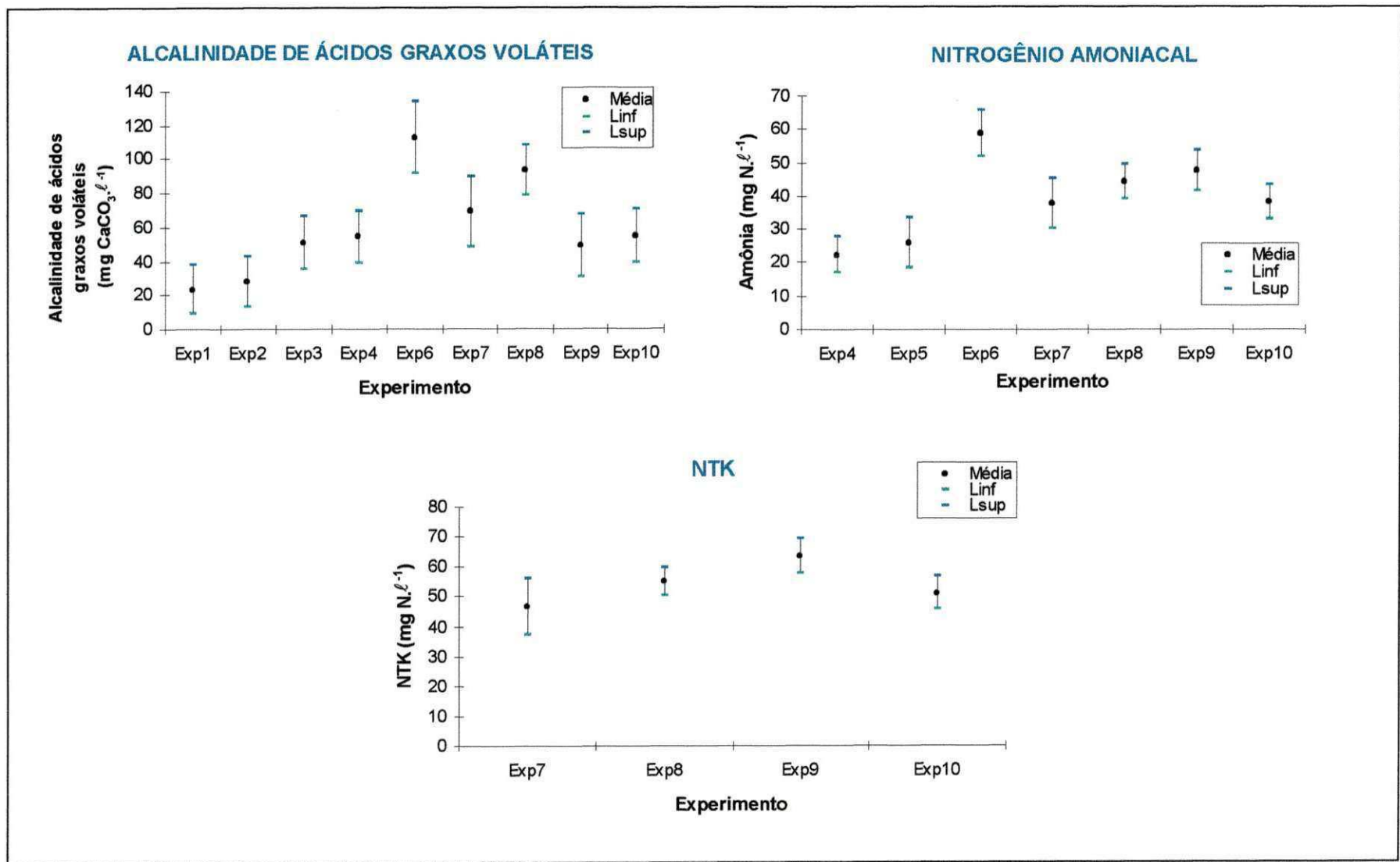


FIGURA 5.5 - MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA FATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DE AAGV, NITROGÊNIO AMONICAL E NTK DO EFLUENTE DO REATOR UASB

A Figura 5.6 apresenta a eficiência de remoção da DQO do esgoto bruto em todos os experimentos no reator UASB.

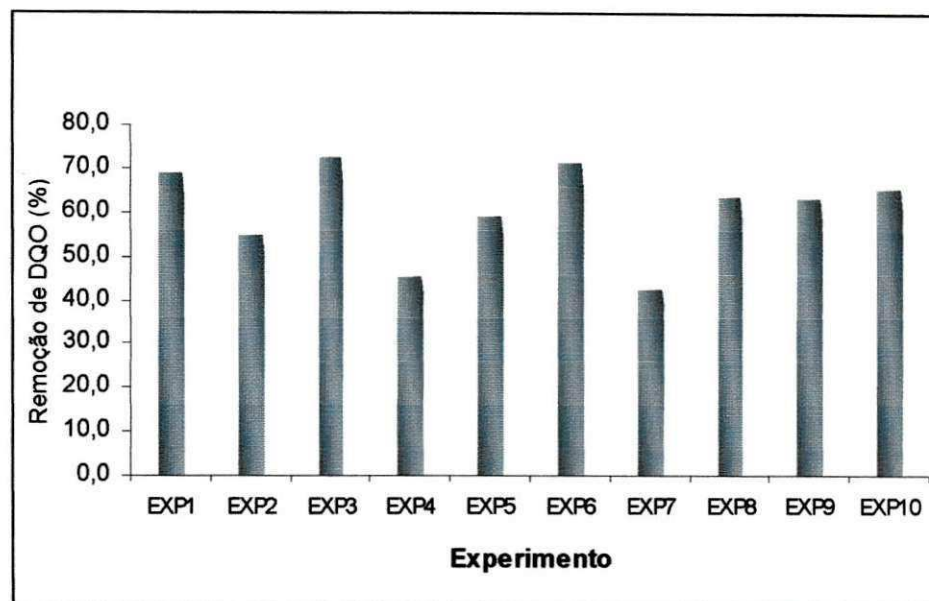


FIGURA 5.6 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO DO ESGOTO BRUTO EM TODOS OS EXPERIMENTOS NO REATOR UASB

A Figura 5.7 mostra a distribuição da DQO efluente em função da carga orgânica volumétrica total aplicada ao reator UASB.

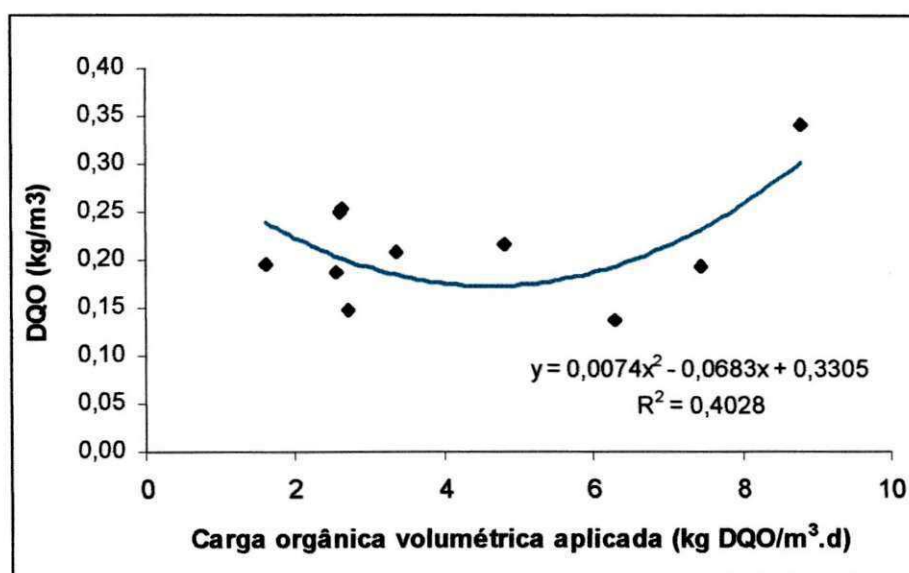


FIGURA 5.7 – DISTRIBUIÇÃO DA DQO EFLUENTE EM FUNÇÃO DA CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA TOTAL APLICADA AO REATOR UASB

Para uma avaliação mais objetiva do desempenho do UASB é apresentada a Tabela 5.4 que sumariza as principais características do reator nos 10 experimentos realizados.

TABELA 5.4 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO REATOR UASB NOS 10 EXPERIMENTOS REALIZADOS

Experimento	TDH ⁽¹⁾ (h)	Remoção de DQO do esgoto bruto (%)	COV _T ⁽²⁾ (kg DQO/d.m ³)	Composição da COV _T		R _s ⁽⁵⁾ (d)	Massa de lodo (SSV) ⁽⁶⁾				Características do lodo ativado aplicado no reator UASB		
				% de EB ⁽³⁾	% de LA ⁽⁴⁾		antes da descarga		após a descarga		SSV ⁽⁷⁾ (mg.ℓ ⁻¹)	Nitrato ⁽⁸⁾ (mgN.ℓ ⁻¹)	Nitrito ⁽⁹⁾ (mgN.ℓ ⁻¹)
							(g)	(g.ℓ ⁻¹)	(g)	(g.ℓ ⁻¹)			
1	4,2	69	2,72	100	–	>14	397	9,5	–	–	–	–	–
2	2,1	55	8,8	98	2	>14	569	13,5	458	10,9	826	–	–
3	2,1	73	6,3	92	8	>14	700	16,7	503	12,0	1909	–	–
4	1,9	45	7,44	58	42	>14	241	12,7	189	9,9	5092	–	–
5	4,2	59	4,80	65	35	>14	405	9,6	304	7,3	5306	–	–
6	8,0	71	3,36	65	35	14	497	8,3	249	4,2	5551	–	–
7	8,0	42	1,62	63	37	14	373	6,2	187	3,1	4616	1,1	–
8	8,0	63	2,61	79	21	14	350	5,8	175	2,9	4326	1,7	0,9
9	8,0	63	2,64	81	19	14	333	5,6	167	2,8	3777	4,3	2,0
10	6,0	65	2,56	88	12	14	230	3,8	115	1,9	2412	6,6	1,1

NOTAS: (1) tempo de detenção hidráulica do reator UASB

(2) carga orgânica volumétrica total aplicada ao reator UASB

(3) porcentagem de esgoto bruto

(4) porcentagem de lodo ativado

(5) idade de lodo do reator UASB

(6) massa de lodo de sólidos suspensos voláteis do reator UASB

(7) sólidos suspensos voláteis do sistema de lodo ativado (concentração média dos três reatores)

(8) concentração no reator aeróbio

(9) concentração de nitrito no reator aeróbio

A eficiência de remoção de SST do UASB nos experimentos 3, 4, 5, 6, 8 e 10 é apresentada na Figura 5.8.

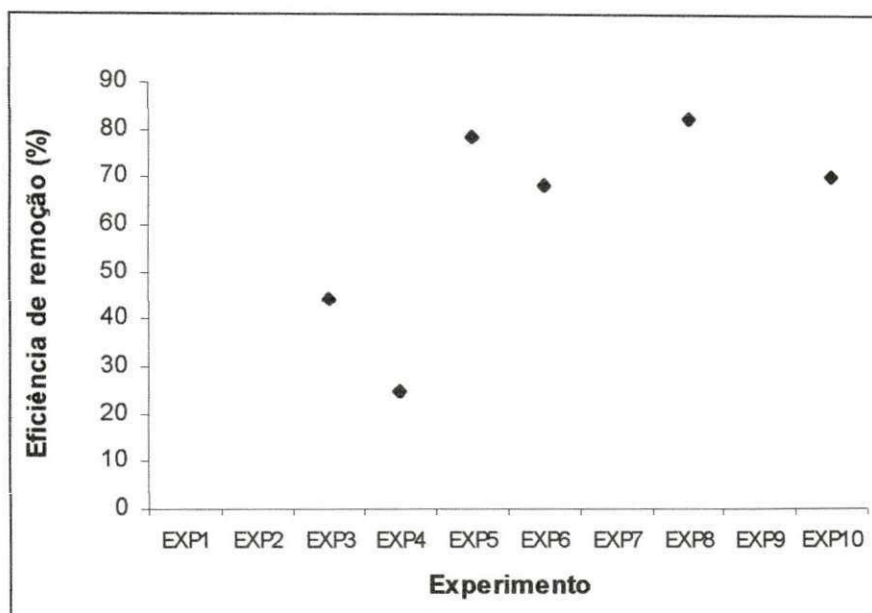


FIGURA 5.8 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NO REATOR UASB

A Figura 5.9 apresenta a variação de nitrogênio amoniacal do esgoto bruto e do efluente no UASB.

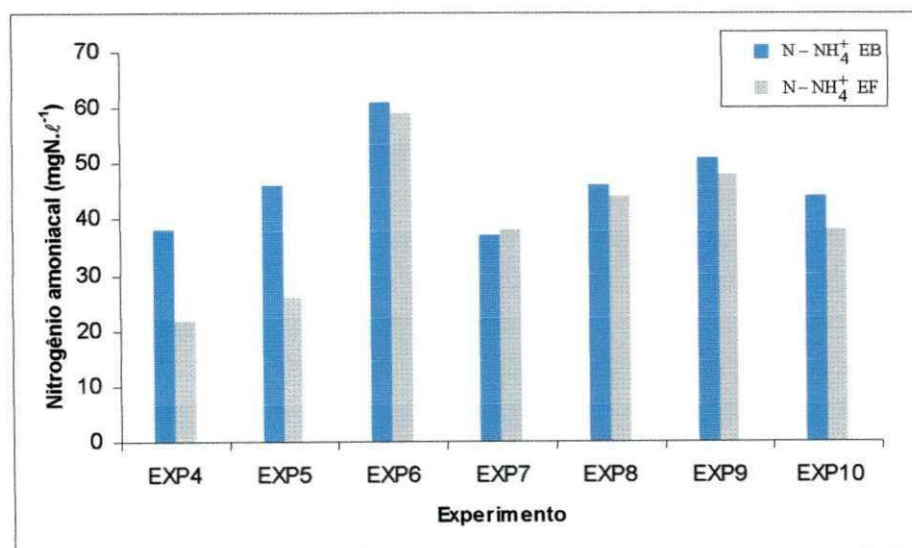


FIGURA 5.9 - VARIAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAICAL DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE NO REATOR UASB

A Figura 5.10 mostra a variação do NTK do esgoto bruto e do efluente e a eficiência de remoção de NTK no reator UASB.

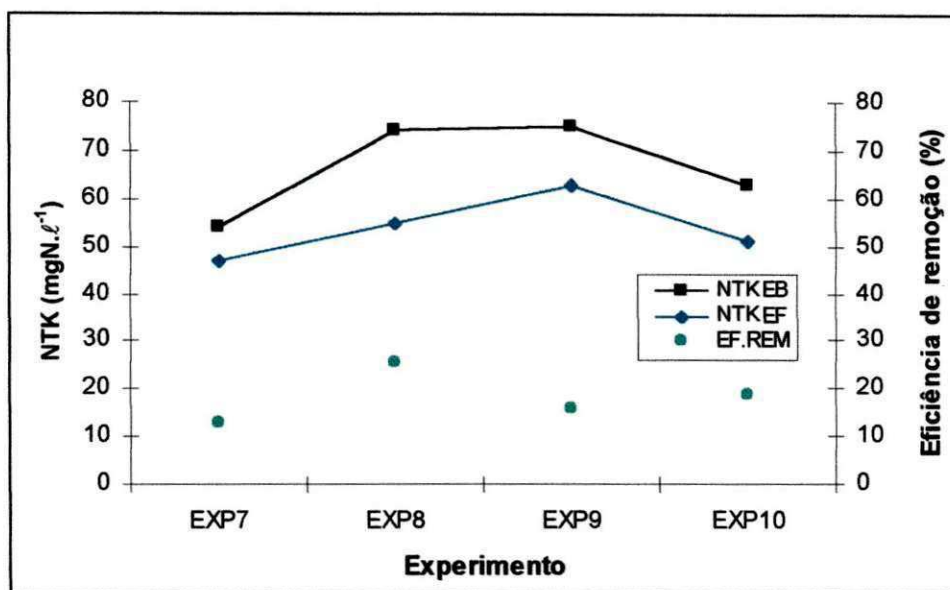


FIGURA 5.10 - VARIAÇÃO DE NTK DO ESGOTO BRUTO E EFLUENTE E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE NTK NO REATOR UASB

As Figuras 5.11, 5.12 e 5.13 apresentam a variação do esgoto bruto e do efluente de pH, AB e AGV respectivamente no reator UASB.

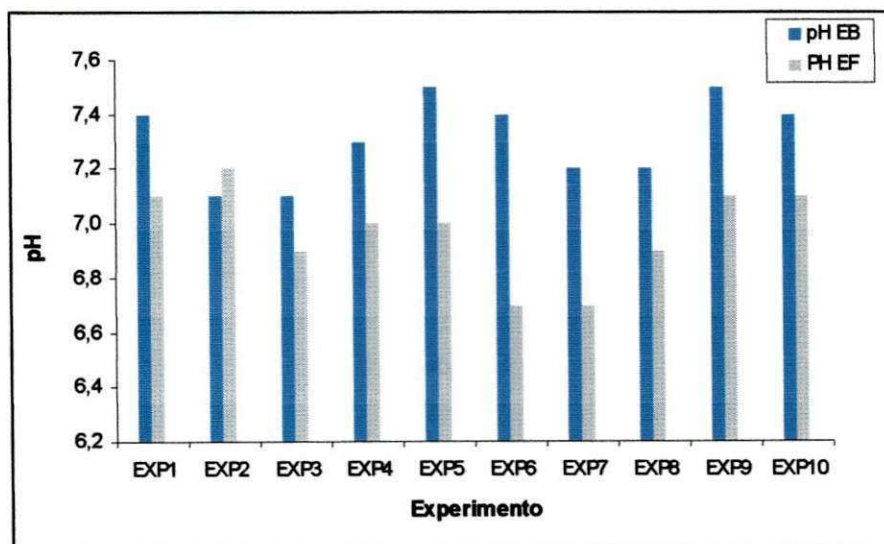


FIGURA 5.11 - VARIAÇÃO DO pH DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE NO REATOR UASB

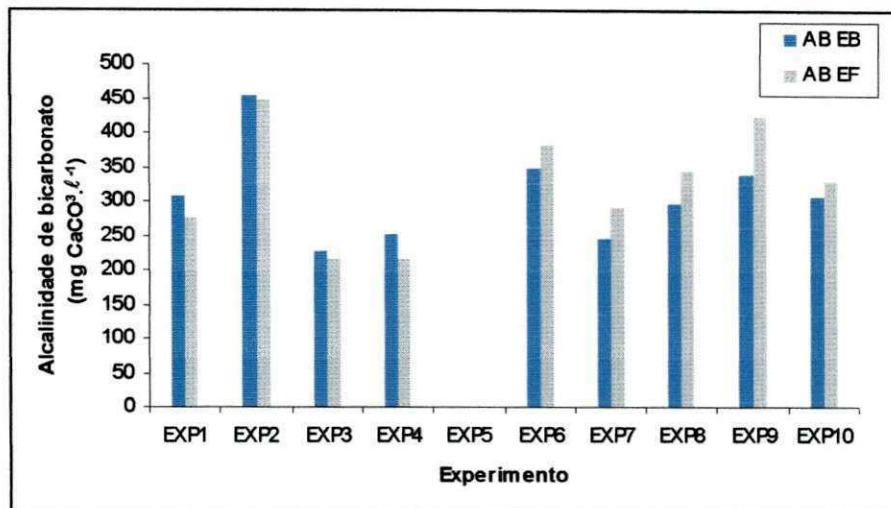


FIGURA 5.12 - VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DE BICARBONATO DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE DO REATOR UASB

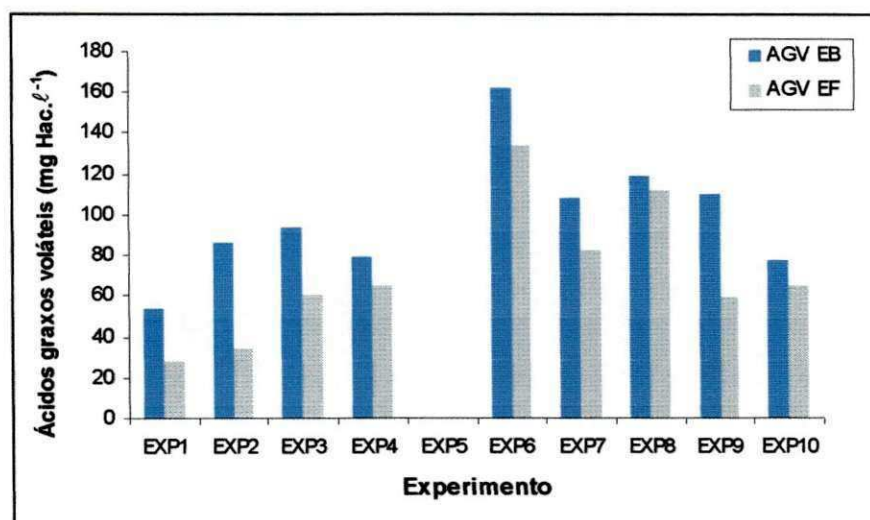


FIGURA 5.13 - VARIAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS DO ESGOTO BRUTO E DO EFLUENTE DO REATOR UASB

As massas de lodo do reator UASB em termos de sólidos suspensos totais, fixos e voláteis foram estimadas semanalmente conforme descrito nas metodologias I e II nos experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, 7, 8, 9, 10 respectivamente e estão apresentadas nas Tabelas 5.5 e 5.6.

TABELA 5.5 – MASSAS DE LODO ESTIMADAS SEMANALMENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS NO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 1, 2, 3, 4 e 5.

EXPERIMENTO 1									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
22/07/97	577	263	314	-	-	-	-	-	-
29/07/97	822	358	464	-	-	-	-	-	-
05/08/97	694	322	372	-	-	-	-	-	-
12/08/97	674	316	358	-	-	-	-	-	-
19/08/97	863	387	476	-	-	-	-	-	-
Média	726	329	397	-	-	-	-	-	-
EXPERIMENTO 2									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
19/11/97	1057	455	602	354	201	153	703	254	449
26/11/97	1069	406	663	299	102	197	770	305	465
03/12/97	797	293	504	86	30	56	712	263	449
10/12/97	848	289	559	137	48	89	711	241	470
17/12/97	770	254	516	96	36	60	674	218	456
Média	908	339	569	194	83	111	714	256	458
EXPERIMENTO 3									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
11/02/98	1375	590	785	470	186	284	905	404	501
18/02/98	931	347	584	111	41	70	819	307	512
25/02/98	877	340	537	203	64	139	675	276	399
04/03/98	1338	443	895	435	139	296	902	304	598
Média	1130	430	700	305	108	197	825	323	503
EXPERIMENTO 4									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
06/05/98	405	119	286	39	15	24	366	103	263
13/05/98	391	123	268	107	32	77	284	91	193
20/05/98	396	101	295	99	28	71	297	73	224
27/05/98	369	111	258	93	24	69	277	87	190
03/06/98	292	79	213	98	25	73	194	55	139
10/06/98	186	61	125	11	8	3	176	54	122
Média	340	99	241	75	22	53	266	77	189

(CONTINUA)

(CONCLUSÃO)

TABELA 5.5 – MASSAS DE LODO ESTIMADAS SEMANALMENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS NO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 1, 2, 3, 4 E 5.

EXPERIMENTO5									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
26/08/98	433	128	305	20	15	5	413	113	300
02/09/98	430	110	320	20	14	6	410	96	314
09/09/98	590	161	429	119	27	92	470	133	337
16/09/98	615	138	477	227	48	179	389	90	299
23/09/98	653	157	496	288	63	225	365	93	272
Média	544	139	405	135	33	101	409	105	304

TABELA 5.6 - MASSAS DE LODO ESTIMADAS SEMANALMENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS, NO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 6,7,8,9 E 10.

EXPERIMENTO 6									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga(g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
28/10/98	639	144	495	319	72	247	319	72	247
04/11/98	672	175	497	336	88	249	336	88	249
11/11/98	576	135	441	288	67	221	288	67	221
18/11/98	548	142	406	274	71	203	274	71	203
25/11/98	670	178	492	335	89	246	335	89	246
02/12/98	737	188	548	368	94	274	368	94	274
09/12/98	814	213	601	407	107	300	407	107	300
Média	665	168	497	332	84	249	332	84	249

EXPERIMENTO7									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
20/01/99	480	125	355	240	62	178	240	62	178
27/01/99	511	165	347	256	82	173	256	82	173
03/02/99	608	153	455	304	77	227	304	77	227
10/02/99	563	155	408	281	77	204	281	77	204
17/02/99	408	107	302	204	53	151	204	53	151
Média	514	141	373	257	70	187	257	70	187

(CONTINUA)

(CONCLUSÃO)

TABELA 5.6 - MASSAS DE LODO ESTIMADAS SEMANALMENTE EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS, NO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 6,7,8,9 E 10.

EXPERIMENTO 8									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga(g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
26/05/99	500	130	370	250	65	185	250	65	185
02/06/99	466	110	356	233	55	178	233	55	178
09/06/99	451	94	356	225	47	178	225	47	178
16/06/99	430	102	328	215	51	164	215	51	164
07/06/99	443	95	348	221	48	174	221	48	174
14/06/99	451	109	342	225	54	171	225	54	171
Média	457	107	350	228	53	175	228	53	175

EXPERIMENTO 9									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
27/10/99	428	94	333	214	47	167	214	47	167
03/11/99	436	105	331	218	53	166	218	53	166
10/11/99	428	94	333	214	47	167	214	47	167
17/11/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/11/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/12/99	522	189	333	261	95	167	261	95	167
Média	454	121	333	227	61	167	227	61	167

EXPERIMENTO 10									
DATA	Massa antes da descarga (g)			Massa descarregada (g)			Massa após a descarga (g)		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
05/04/00	318	85	233	159	42	117	159	42	117
12/04/00	445	126	319	222	63	159	222	63	159
10/05/00	345	125	220	173	63	110	173	63	110
17/05/00	279	67	212	139	34	106	139	34	106
24/05/00	348	110	237	174	55	119	174	55	119
31/05/00	273	114	159	136	57	79	136	57	79
Média	335	105	230	167	52	115	167	52	115

As médias e os limites de confiança de 95% (anova fator único e método GT-2) das massas de lodo em termos de sólidos suspensos totais e voláteis do reator UASB são apresentados na Figura 5.14.

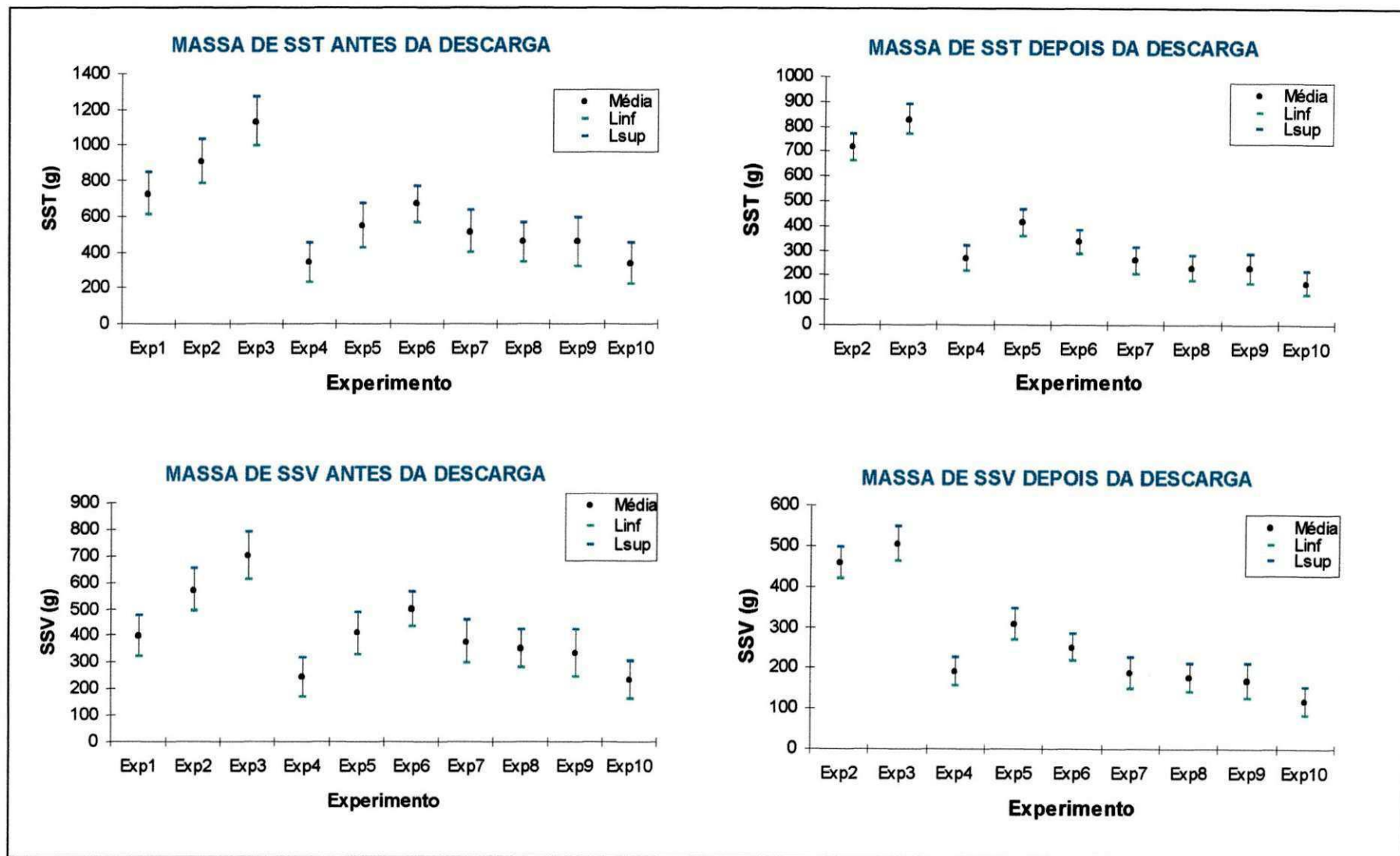


FIGURA 5.14 – MÉDIAS E LIMITES DE CONFIANÇA DE 95% (ANOVA DATOR ÚNICO E MÉTODO GT-2) DA MASSA DE LODO EM TERMOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS ANTES E DEPOIS DA DESCARGA NO REATOR UASB

A Tabela 5.7 apresenta os dados de estabilidade do lodo de excesso no reator UASB em termos de porcentagem de redução de sólidos suspensos voláteis, volume de metano por massa de sólidos suspensos voláteis e redução teórica.

TABELA 5.7 - ESTABILIDADE DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 EM TERMOS DE PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS, VOLUME DE METANO POR MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS E REDUÇÃO TEÓRICA A PARTIR DO VOLUME DE METANO PRODUZIDO PELA MASSA DE SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS

Experimento	Rs (dias)	SSV (mg/l) início da incubação	SSV (mg/l) fim da incubação	Redução de voláteis (%)	Volume de CH ₄ / massa de SVS (ml CH ₄ /g SVS)	Redução teórica (%)
8	28	5 342	4 602	13,90	6 5,68	11,20
8 ⁽¹⁾	14	5 792	3 628	37,36	222,40	37,96
8 ⁽¹⁾	14	5 792	3 674	36,56	224,43	38,30
8 ⁽²⁾	14	5 698	3 716	34,78	223,49	38,14
8 ⁽²⁾	14	5 698	3 679	35,40	228,00	38,90
9 ⁽³⁾	14	5 686	–	–	200,70	34,25
9 ⁽³⁾	14	5 686	–	–	205,70	35,11
10	14	3 887	2 662	31,52	181,34	30,95

NOTAS: (1), (2) e (3) são amostras duplicadas

A estabilidade do lodo de excesso do reator UASB foi verificada pela redução dos sólidos suspensos voláteis, determinação do volume de metano e redução teórica conforme descrito no Capítulo 4. A Figura 5.15 apresenta a produção de metano do lodo de excesso do reator UASB no experimento 8 com uma idade de lodo de 14 dias e a Figura 5.16 apresenta a produção de metano do lodo de excesso do reator UASB com uma idade de lodo de 28 dias no experimento 8 e a uma idade de lodo de 14 dias nos experimentos 9 e 10.

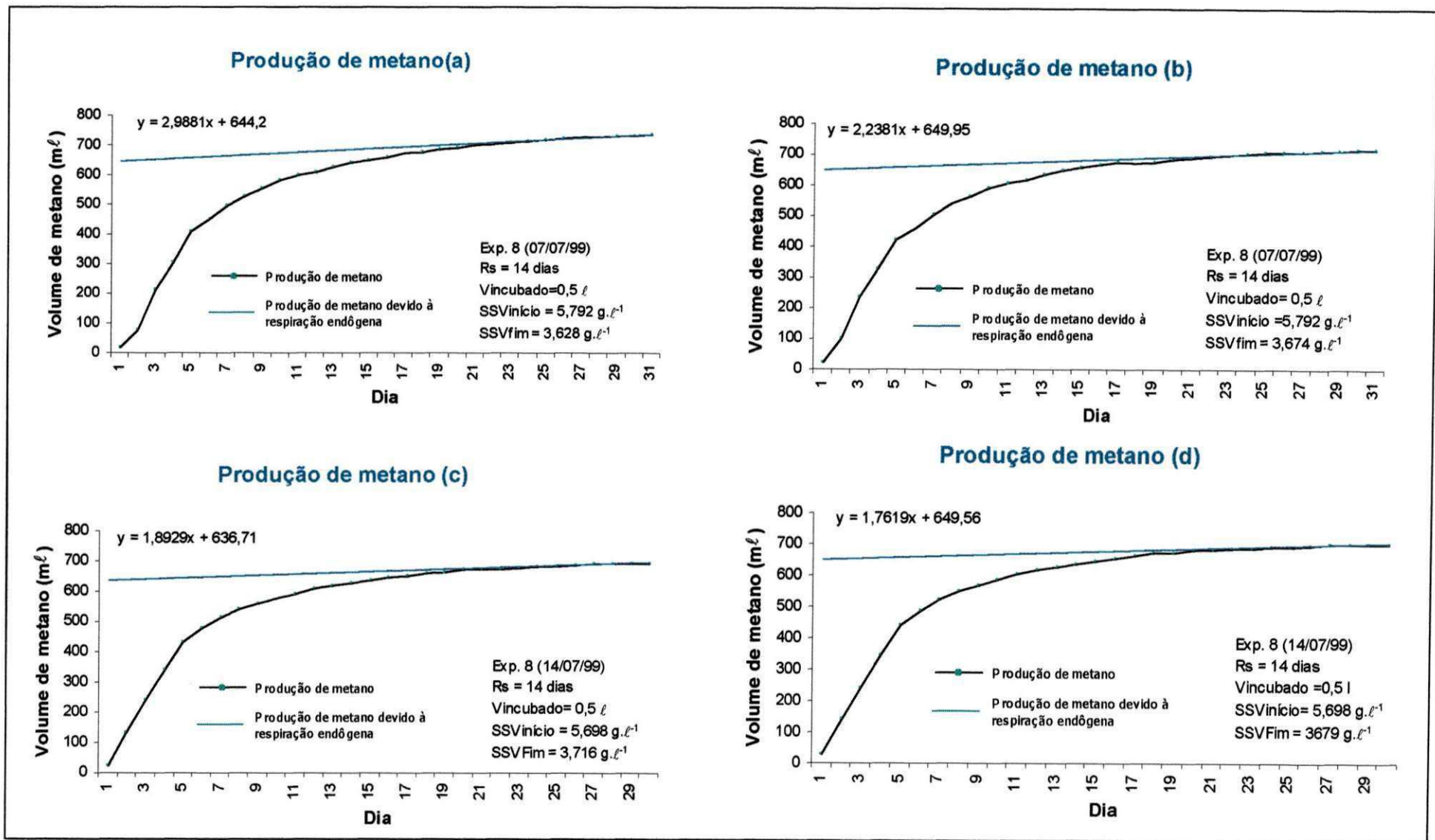


FIGURA 5.15 – PRODUÇÃO DE METANO DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 8 COM UMA IDADE DE LODO DE 14 DIAS: a) e b) AMOSTRAS DO MESMO LODO INCUBADAS EM 07/07/2000; c) e d) AMOSTRAS DO MESMO LODO INCUBADAS EM 14/07/2000

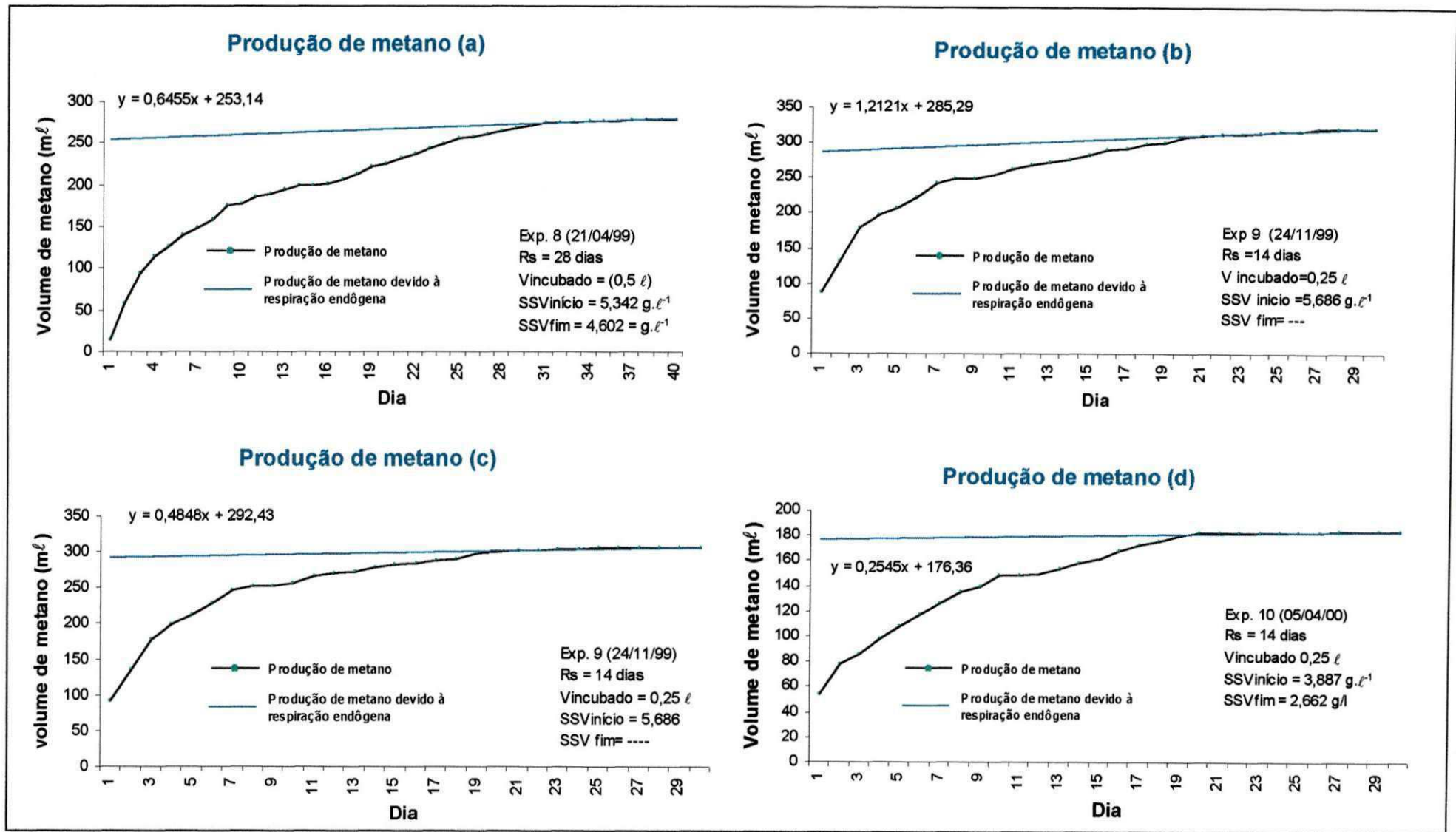


FIGURA 5.16 – PRODUÇÃO DE METANO DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10: a) AMOSTRA DE LODO DO EXPERIMENTO 8 COM UMA IDADE DE LODO DE 28 DIAS; b) e c) AMOSTRAS DO MESMO LODO NO EXPERIMENTO 9 COM UMA IDADE DE LODO DE 14 DIAS, INCUBADAS EM 24/11/1999 E d) AMOSTRA DE LODO DO EXPERIMENTO 10 A UMA IDADE DE LODO 14 DIAS

As características físico-químicas e sanitárias do lodo de excesso do reator UASB são apresentadas nas Tabelas 5.8 e 5.9, respectivamente.

TABELA 5.8 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 10

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS									
Umidade a 105 °C (%)	Matéria orgânica (%)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	pH	Relação C/N
80,76	68,54	39,76	5,35	2,28	0,40	1,71	0,51	6,4	7/1

TABELA 5.9 – CARACTERÍSTICAS SANITÁRIAS DO LODO DE EXCESSO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 10

CARACTERÍSTICAS SANITÁRIAS		
Coliformes fecais	Estreptococos fecais	<i>Salmonella sp</i>
1,6 x 10 ⁶ /g.L.S.	2,8 x 10 ⁴ /g. L.S	4 X10 ² /g L.S

NOTA: g.L.S – grama de lodo seco

5.3 O SISTEMA DE LODO ATIVADO

As características operacionais aplicadas ao sistema de lodo ativado nos 10 experimentos realizados são apresentadas na Tabela 4.1 no Capítulo 4 e os resultados obtidos na monitoração do referido sistema estão apresentados nas Tabelas de Anexos AE.

Os valores médios, mínimos, máximos, desvios padrões, coeficientes de variação e os números de observações das cargas orgânicas aplicadas ao Sistema de Lodo Ativado são apresentadas na Tabela 5.10.

TABELA 5.10 – CARGAS ORGÂNICAS DIÁRIAS $(CO)_{LA}$ E CARGAS ORGÂNICAS DIÁRIAS VOLUMÉTRICAS $COV_{(LA)}$ APLICADAS AO SISTEMA DE LODO ATIVADO

CARGAS	VALORES DESCRITIVOS	Experimento									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$CO_{(LA)}$ kg DQO.d ⁻¹	Média	0,04	0,16	0,07	0,13	0,18	0,19	0,10	0,17	0,09	0,11
	Mínimo	0,01	0,07	0,05	0,10	0,10	0,12	0,08	0,09	0,08	0,09
	Máximo	0,07	0,44	0,09	0,17	0,25	0,25	0,11	0,22	0,10	0,14
	Desvpad	0,02	0,12	0,01	0,03	0,07	0,05	0,01	0,04	0,01	0,02
	CV(%)	42,40	73,90	18,80	19,10	38,40	25,00	12,59	23,40	9,10	14,70
	N	13	12	10	11	4	7	5	12	8	11
$COV_{(LA)}$ kg DQO.m ⁻³ .d ⁻¹	Média	0,59	2,34	0,86	1,71	2,30	2,42	1,25	2,18	1,19	1,43
	Mínimo	0,24	0,97	0,66	1,24	1,23	1,51	1,01	1,16	1,06	1,17
	Máximo	1,14	6,32	1,19	2,22	3,28	3,24	1,40	2,89	1,35	1,83
	Desvpad	0,25	1,73	0,16	0,33	0,88	0,61	0,16	0,51	0,11	0,21
	CV(%)	42,40	73,90	18,80	19,10	38,40	25,00	12,59	23,40	9,10	14,70
	N	13	12	10	11	4	7	5	12	8	11

Os valores médios, mínimos, máximos e o número de observações das características do afluente e efluente do sistema de lodo ativado são ilustrados nas Tabelas 5.11 e 5.12, respectivamente.

TABELA 5.11 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (T) (°C)	Média	23,0	29,0	26,0	26,0	25,0	27,0	27,0	25,0	24,0	25,0
	Mínimo	22,0	26,0	25,0	25,0	24,0	26,0	26,0	24,0	24,0	24,0
	Máximo	24,0	32,0	27,0	28,0	26,0	28,0	28,0	26,0	25,0	26,0
	DP	0,7	2,0	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,4	0,8
	CV (%)	32,0	7,1	3,0	3,6	3,3	2,8	2,4	2,9	1,5	3,2
	n	9	10	11	11	6	7	5	12	8	11
Potencial hidrogeniônico	Média	7,1	7,2	6,9	7,2	7,3	7,1	6,9	7,0	7,2	7,2
	Mínimo	6,8	6,9	6,7	7,0	7,1	7,0	6,8	6,8	7,0	7,0
	Máximo	7,7	7,7	7,2	7,4	7,4	7,2	7,1	7,3	7,3	7,4
	DP	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	CV (%)	3,9	3,5	2,4	2,1	1,7	1,0	1,8	1,9	1,4	1,7
	n	12	13	10	11	6	7	5	12	8	11

(CONTINUA)

(CONTINUAÇÃO)

TABELA 5.11 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda química de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	148,0	341,0	138,0	274,0	369,0	519,0	268,0	467,0	382,0	306,0
	Mínimo	59,0	142,0	106,0	199,0	198,0	323,5	217,0	249,0	340,0	251,0
	Máximo	285,0	922,0	191,0	356,0	526,0	694,0	301,0	619,0	432,0	392,0
	DP	62,8	251,7	26,0	52,2	141,8	129,5	33,8	108,9	34,8	45,0
	CV (%)	42,4	73,9	18,8	19,1	38,4	25,0	12,6	23,4	9,1	14,7
	n	13	12	10	11	5	7	5	12	8	11
Demanda bioquímica de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	–	–	254,0	162,0	294,0	219,0	189,0
	Mínimo	–	–	–	–	–	144,0	110,0	216,0	140,0	104,0
	Máximo	–	–	–	–	–	338,0	244,0	343,0	276,0	267,0
	DP	–	–	–	–	–	78,6	50,4	68,1	59,5	65,1
	CV (%)	–	–	–	–	–	31,0	31,2	23,2	27,1	34,5
	n	–	–	–	–	–	5	5	3	4	6
Alcalinidade de bicarbonato (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	277,0	449,0	217,0	234,0	–	366,0	369,0	322,0	404,0	322,0
	Mínimo	243,0	262,0	179,0	205,0	–	356,0	200,0	259,0	359,0	259,0
	Máximo	302,0	579,0	319,0	282,0	–	374,0	329,0	354,0	460,0	416,0
	DP	18,1	90,3	39,4	22,9	–	7,0	51,9	31,7	31,4	43,0
	CV (%)	6,5	20,1	18,1	9,8	–	1,9	19,3	9,8	7,8	13,4
	n	13	13	11	11	–	6	6	12	8	11
Alcalinidade de ácidos graxos voláteis (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	23,0	28,0	50,0	59,0	–	124,0	79,0	97,0	60,0	58,0
	Mínimo	17,0	18,0	29,0	40,0	–	76,0	44,0	50,0	35,0	33,0
	Máximo	32,0	34,0	80,0	70,0	–	160,0	165,0	154,0	81,0	88,0
	DP	4,3	5,6	15,1	8,1	–	29,9	44,5	32,4	14,0	16,8
	CV (%)	18,7	20,3	30,0	13,8	–	24,2	56,1	33,5	23,6	29,2
	n	13	13	11	11	–	6	6	11	8	11
Sólidos suspensos totais (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	281,0	297,0	184,0	190,0	–	199,0	–	121,0
	Mínimo	–	–	208,0	159,0	77,0	36,0	–	78,5	–	64,0
	Máximo	–	–	382,0	512,0	266,0	262,0	–	338,0	–	182,0
	DP	–	–	43,7	102,6	80,4	86,2	–	92,5	–	35,3
	CV (%)	–	–	15,5	34,6	43,7	45,5	–	46,4	–	29,1
	n	–	–	11	10	4	6	–	8	–	11
Sólidos sedimentáveis (mℓ.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	0,7	1,9	1,4	2,9	0,4	2,0	0,9	1,3
	Mínimo	–	–	0,1	0,9	0,5	1,0	0,1	0,3	0,4	0,5
	Máximo	–	–	2,5	2,8	2,5	7,0	1,0	6,1	1,4	1,8
	DP	–	–	0,7	0,6	0,9	2,4	0,4	1,6	0,4	0,5
	CV (%)	–	–	104,5	31,9	61,0	80,5	112,5	72,4	41,5	40,1
	n	–	–	11	9	4	7	5	12	6	6

(CONTINUA)

(CONCLUSÃO)

TABELA 5.11 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nitrogênio total Kjeldahl (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	-	-	-	50,0	64,6	66,0	54,8
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	45,9	48,8	56,2	42,0
	Máximo	-	-	-	-	-	-	58,0	84,1	76,8	68,6
	DP	-	-	-	-	-	-	6,9	10,3	6,8	8,9
	CV (%)	-	-	-	-	-	-	13,7	16,0	10,3	16,2
	n	-	-	-	-	-	-	3	12	6	9
Nitrogênio amoniacal (mgN.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	30,0	36,0	59,0	37,5	45,0	48,2	40,1
	Mínimo	-	-	-	21,0	29,0	52,0	28,9	35,9	41,5	26,9
	Máximo	-	-	-	41,0	40,0	68,0	45,1	58,2	54,4	51,7
	DP	-	-	-	5,9	4,6	6,7	7,7	7,0	4,9	7,6
	CV (%)	-	-	-	19,4	12,7	11,3	20,4	15,5	10,1	18,9
	n	-	-	-	10	5	6	5	12	8	11
Nitrito (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-
	Máximo	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	0,2
	DP	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1
	CV (%)	-	-	-	-	-	-	-	244,9	-	189,6
	n	-	-	-	-	-	-	-	6	-	10
Nitrato (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	-	-	-	0,07	0,5	0,4	0,3
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	0,00	0,1	0,2	0,1
	Máximo	-	-	-	-	-	-	0,21	1,8	0,5	0,5
	DP	-	-	-	-	-	-	0,10	0,5	0,1	0,2
	CV (%)	-	-	-	-	-	-	139,00	101,4	36,6	48,7
	n	-	-	-	-	-	-	5	12	8	11

TABELA 5.12 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO EFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO E DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	Média	22,0	25,0	25,0	24,0	23,0	25,0	25,0	22,0	23,0	23,0
	Mínimo	20,0	24,0	25,0	23,0	22,0	24,0	25,0	21,0	22,0	22,0
	Máximo	23,0	27,0	26,0	25,0	23,0	26,0	25,0	22,0	24,0	25,0
	DP	0,9	0,9	0,5	0,8	0,5	0,6	0,0	0,4	0,6	0,9
	CV (%)	4,0	3,4	2,0	3,5	2,3	2,3	0,0	1,8	2,8	4,1
	n	9	12	11	11	6	7	5	12	8	11
Potencial hidrogeniônico	Média	7,6	7,6	7,5	7,4	7,6	7,5	7,4	7,5	7,8	7,8
	Mínimo	7,4	7,4	7,2	7,2	7,5	7,2	7,2	7,3	7,5	7,6
	Máximo	8,0	7,8	7,7	7,6	7,8	7,6	7,6	7,6	7,9	8,0
	DP	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	CV (%)	2,4	1,6	2,4	1,8	1,5	1,9	1,9	1,2	1,8	1,7
	n	13	13	11	11	6	7	5	12	8	11
Demanda química de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	124,0	111,0	73,0	102,0	87,0	128,0	121,0	69,0	54,0	54,0
	Mínimo	54,0	58,0	29,0	46,0	68,0	75,0	64,0	43,0	37,0	24,0
	Máximo	228,0	159,0	129,0	136,0	105,0	201,0	227,0	83,0	96,0	69,0
	DP	43,1	26,4	32,8	25,6	16,1	43,9	66,6	12,5	18,1	13,3
	CV (%)	34,8	23,7	44,9	25,1	18,5	34,3	54,9	18,1	33,3	24,7
	n	14	13	10	11	6	7	5	11	8	11
Demanda bioquímica de oxigênio (mg.ℓ ⁻¹)	Média	–	–	–	–	–	45,0	64,0	24,0	15,0	15,0
	Mínimo	–	–	–	–	–	26,0	38,0	7,0	9,0	8,0
	Máximo	–	–	–	–	–	66,0	78,0	34,0	23,0	22,0
	DP	–	–	–	–	–	17,1	18,1	14,8	6,1	4,9
	CV (%)	–	–	–	–	–	38,0	28,1	61,7	40,2	33,6
	n	–	–	–	–	–	4	4	3	4	8
Alcalinidade de bicarbonato (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	269,0	393,0	225,0	214,0	–	333,0	235,0	204,0	201,0	187,0
	Mínimo	235,0	246,0	206,0	193,0	–	280,0	151,0	178,0	178,0	141,0
	Máximo	303,0	449,0	259,0	247,0	–	399,0	335,0	251,0	219,0	257,0
	DP	23,1	52,2	14,7	17,5	–	48,6	84,9	24,9	14,1	39,2
	CV (%)	8,6	13,3	6,5	8,2	–	14,6	36,2	12,2	7,0	21,0
	n	13	13	11	11	–	6	6	12	8	11
Alcalinidade de ácidos graxos voláteis (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)	Média	18,0	19,0	41,0	44,0	–	30,0	34,0	22,0	17,0	18,0
	Mínimo	11,0	13,0	27,0	20,0	–	7,0	17,0	10,0	13,0	9,0
	Máximo	27,0	27,0	62,0	58,0	–	44,0	53,0	44,0	22,0	57,0
	DP	5,9	4,7	9,7	13,4	–	12,3	15,2	9,9	3,1	13,4
	CV (%)	32,3	24,4	23,9	30,3	–	51,1	44,6	44,7	18,6	73,3
	n	13	13	11	11	–	6	6	12	8	11

(CONTINUA)

(CONCLUSÃO)

TABELA 5.12 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO EFLUENTE AO SISTEMA DE LODO ATIVADO E DO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

CARACTERÍSTICAS	VALORES DESCRITIVOS	EXPERIMENTOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sólidos suspensos totais (mg.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	282,0	245,0	68,0	73,0	-	38,0	14,0	28,0
	Mínimo	-	-	220,0	18,0	22,0	16,0	-	16,0	10,0	10,0
	Máximo	-	-	344,0	692,0	120,0	112,0	-	87,0	18,0	42,0
	DP	-	-	38,6	187,4	38,7	35,9	-	20,7	2,7	11,1
	CV (%)	-	-	13,7	76,5	56,5	49,3	-	54,4	19,5	39,4
	n	-	-	11	10	5	7	-	11	8	11
Sólidos sedimentáveis (ml.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
	Mínimo	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Máximo	-	-	-	1,0	0,1	2,0	2,0	0,1	0,0	0,5
	DP	-	-	-	0,3	0,1	0,8	1,1	0,0	0,0	0,3
	CV (%)	-	-	-	237,9	136,9	264,6	131,5	210,6	0,0	154,9
	n	-	-	-	10	5	7	5	10	7	6
Nitrogênio total Kjeldahl (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	-	-	-	15,7	5,0	4,4	4,9
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	3,9	1,8	2,4	1,2
	Máximo	-	-	-	-	-	-	34,7	15,9	8,8	17,6
	DP	-	-	-	-	-	-	16,6	4,7	3,0	5,3
	CV (%)	-	-	-	-	-	-	106,2	93,4	67,4	110,1
	n	-	-	-	-	-	-	3	12	4	8
Nitrogênio amoniacal (mgN.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	23,0	21,0	31,0	16,9	2,1	1,6	2,6
	Mínimo	-	-	-	19,0	16,0	15,0	1,1	0,0	0,0	0,6
	Máximo	-	-	-	26,0	23,0	50,0	36,4	9,4	4,7	14,7
	DP	-	-	-	2,7	3,2	15,0	16,2	3,3	2,1	4,6
	CV (%)	-	-	-	12,0	15,4	49,1	96,0	155,3	129,7	172,2
	n	-	-	-	10	4	6	5	12	4	9
Nitrato (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	-	-	-	0,9	2,7	1,6	5,0
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	0,0	0,5	0,2	0,7
	Máximo	-	-	-	-	-	-	2,2	5,3	2,9	3,1
	DP	-	-	-	-	-	-	1,1	1,6	1,1	4,6
	CV (%)	-	-	-	-	-	-	122,7	57,2	70,2	92,5
	n	-	-	-	-	-	-	5	12	5	9
Nitrito (mg N.ℓ ⁻¹)	Média	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,0	0,6
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,6	0,1
	Máximo	-	-	-	-	-	-	-	2,4	1,6	1,6
	DP	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,5	0,5
	CV (%)	-	-	-	-	-	-	-	54,8	46,9	89,7
	n	-	-	-	-	-	-	-	6	5,0	8,0

A Tabela 5.13 apresenta os valores médios, mínimos, máximos, desvios padrões, os coeficientes de variação e o número de dados de sólidos suspensos voláteis dos experimentos de 2 a 10 no sistema de lodo ativado.

TABELA 5.13 – SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS NO SISTEMA DE LODO ATIVADO ($\text{mgSSV} \cdot \ell^{-1}$)

EXP.	Média	Mínimo	Máximo	Desvpad	CV(%)	Nº de dados
1	–	–	–	–	–	–
2	826	550	1 182	202	24,5	13
3	1 909	1 108	2 384	443	23,2	11
4	5 092	3 166	6 598	970	19,1	10
5	5 306	3 734	7 886	1 583	29,8	5
6	5 551	4 173	7 907	1 338	24,1	7
7	4 616	3 981	6 269	938	20,3	5
8	4 326	2 927	5 271	730	16,9	12
9	3 777	3 537	4 413	301	8,0	8
10	2 412	1 493	4 172	726	30,1	10

NOTA: A concentração de SSV é a média dos 3 reatores (anóxico I, aeróbio e anóxico II)

Os valores médios, mínimos, máximos, desvios padrões, os coeficientes de variação e o número de dados dos sólidos sedimentáveis do licor misto dos experimentos de 2 a 10 no sistema Bardenpho são apresentados na Tabela 5.14.

A Tabela 5.15 apresenta a taxa de consumo de oxigênio (valores médios, mínimos, máximos, desvios padrões, os coeficientes de variação e o número de dados) em todos os experimentos no sistema de lodo ativado.

As Figuras 5.17 e 5.18 ilustram a variação de DQO afluente e efluente dos experimentos de 1 a 6 e de 7 a 10 respectivamente no sistema de lodo ativado.

As remoções de DQO e DBO no sistema de lodo ativado são apresentadas nas Figuras 5.19 e 5.20, respectivamente.

As massa de DQO afluente e efluentes (no efluente, no lodo de excesso e oxidada) do experimento 6, do sistema de lodo ativado são apresentadas na Tabela 5.16.

TABELA 5.14 – SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO LICOR MISTO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO ($\text{m}\ell.\ell^{-1}$)

EXP.	Média	Mínimo	Máximo	Desvpad	CV(%)	Nº de dados
1	–	–	–	–	–	–
2	392	200	650	123	31,5	12
3	730	550	880	109	15,0	11
4	872	840	950	35	4,0	10
5	622	540	790	101	16,2	5
6	814	750	900	56	6,8	7
7	750	650	900	94	12,5	5
8	924	800	980	54	5,8	12
9	894	750	960	84	9,4	7
10	782	600	920	104	13,3	6

NOTA: A concentração de SSV é a média dos 3 reatores (anóxico I, aeróbio e anóxico II)

TABELA 5.15 – TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO ($\text{mg O}_2.\ell^{-1}.\text{h}^{-1}$)

EXP.	Média	Mínimo	Máximo	Desvpad	CV(%)	Nº de dados
1	26,9	21	32	3,7	13,9	14
2	78,1	48	101	16,0	20,4	12
3	61,6	38	90	14,5	23,5	11
4	87,7	65	103	13,2	15,1	7
5	84,4	69	105	14,4	17,1	5
6	97,0	93	105	5,0	5,2	5
7	106,0	88	126	14,2	13,4	5
8	93,1	69	118	13,9	14,9	12
9	95,4	82	107	10,3	10,8	8
10	66,3	51	112	19,2	28,9	11

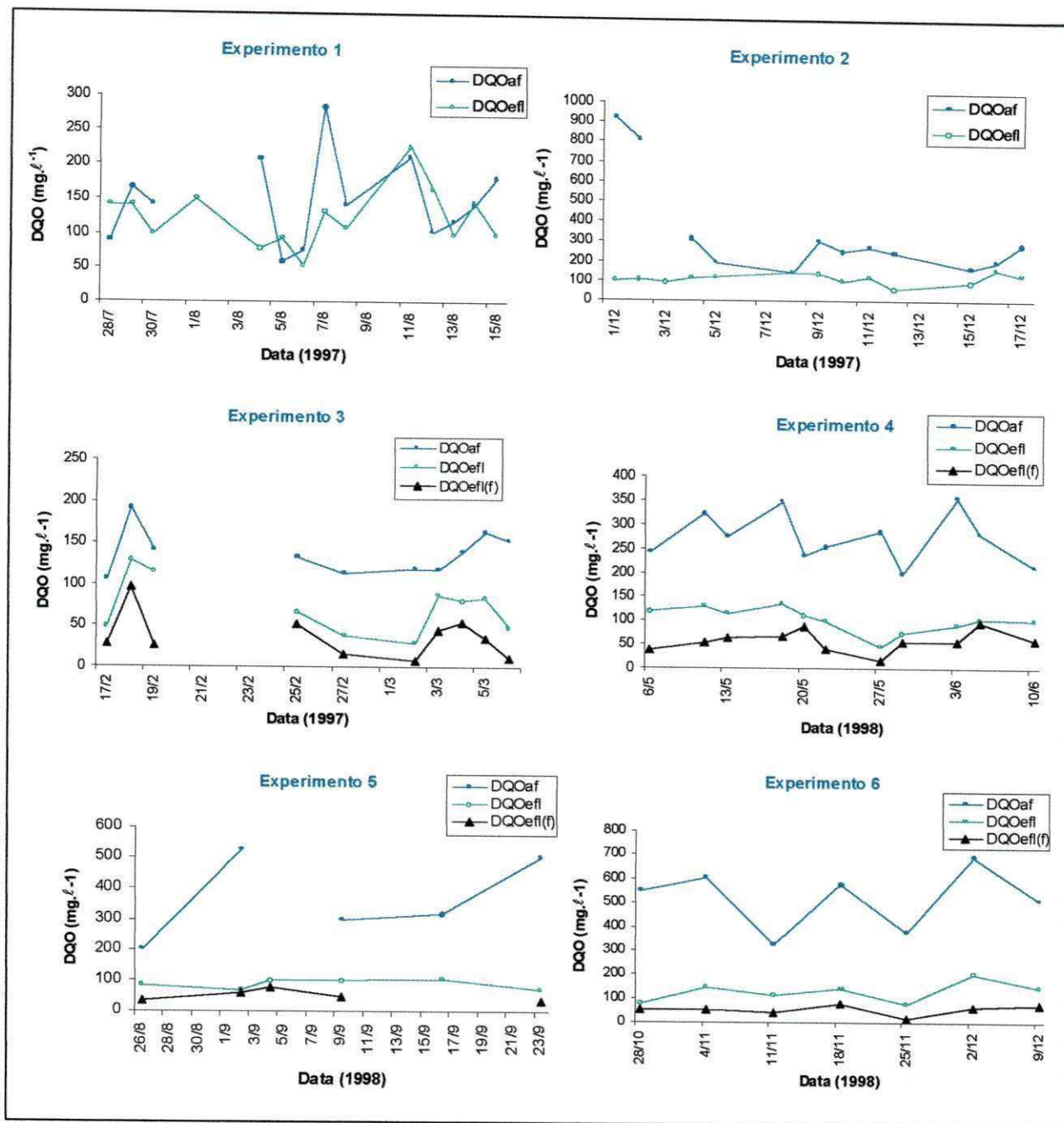


FIGURA 5.17 – VARIAÇÃO DE DQO AFLUENTE, DQO EFLUENTE E EFLUENTE FILTRADO NOS EXPERIMENTOS 1, 2, 3, 4, 5 E 6 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

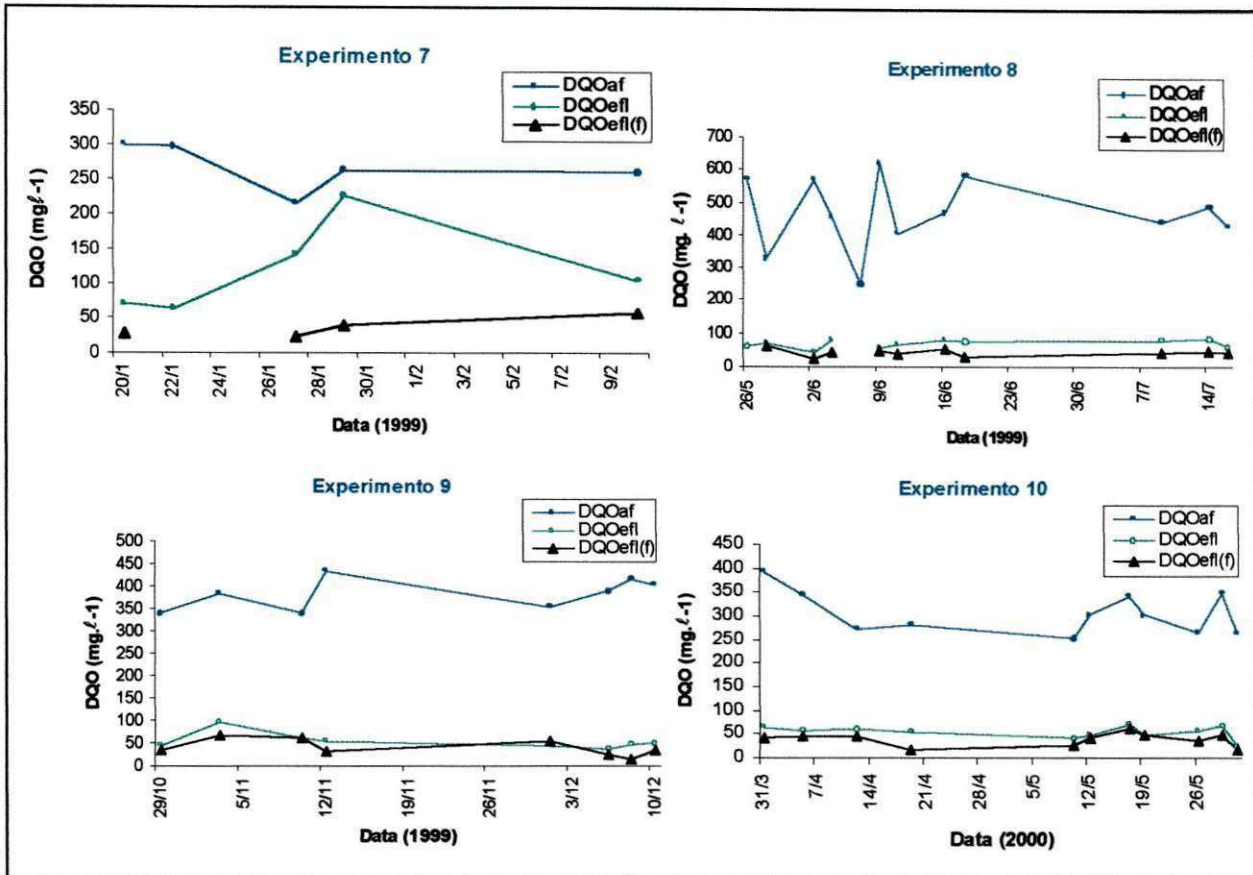


FIGURA 5.18 – VARIACÃO DE DQO AFLUENTE, DQO EFLUENTE E EFLUENTE FILTRADO NOS EXPERIMENTOS 7, 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

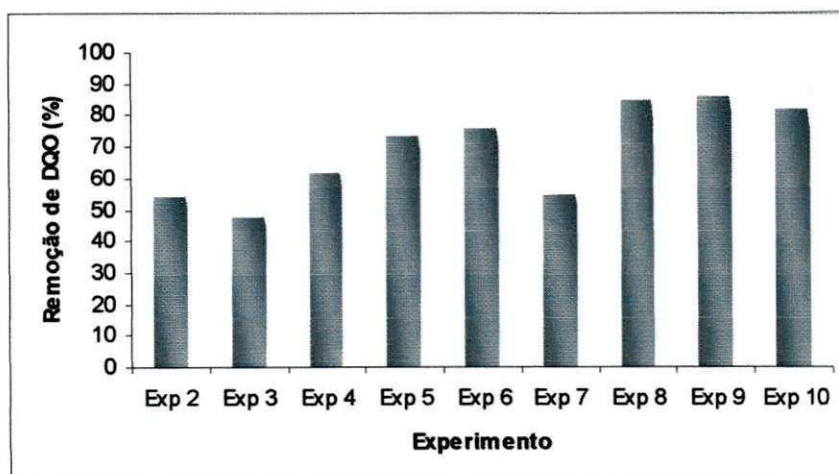


FIGURA 5.19 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

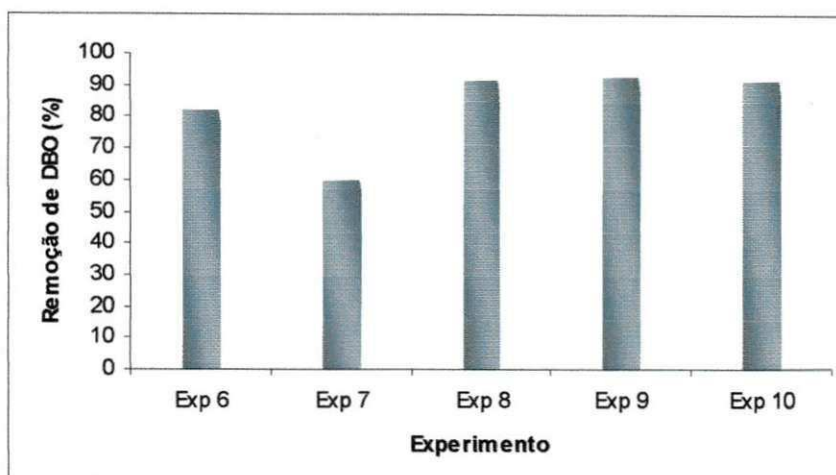


FIGURA 5.20 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DBO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

TABELA 5.16 – MASSA DE DQO AFLUENTE E EFLUENTES (NO EFLUENTE, NO LODO DE EXCESSO E OXIDADA) DO EXPERIMENTO 6 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

DATA	$MS_{ta(LA)}$ (g DQO.d ⁻¹)	$MS_{te(LA)}$ (g DQO.d ⁻¹)	$MS_{x(LA)}$ (g DQO.d ⁻¹)	$MS_{o(LA)}$ (g DQO.d ⁻¹)
28/10/98	197	28	58	58
04/11/98	217	53	54	59
11/11/98	116	42	55	59
02/12/98	250	72	102	66
09/12/98	183	52	76	62
MÉDIA	192,60	49,32	69,11	60,53
n	5	5	5	5

NOTAS: 1. $MS_{ta(LA)}$ - Massa diária de DQO no afluente do sistema de lodo ativado

2. $MS_{te(LA)}$ - Massa diária de DQO no efluente do sistema de lodo ativado

3. $MS_{x(LA)}$ - Massa diária de DQO no lodo de excesso do sistema de lodo ativado

4. $MS_{o(LA)}$ - Massa diária de DQO oxidada no sistema de lodo ativado

As Figuras 5.21 e 5.22 ilustram a variação da alcalinidade de bicarbonato afluente e efluente nos experimentos 1, 2, 3, 4, 6 e 7, 8, 9, 10, respectivamente no sistema de lodo ativado.

As Figuras 5.23 e 5.24 apresentam a variação de pH afluente e efluente dos experimentos de 1 a 6 e dos experimentos de 7 a 10, respectivamente, no sistema de lodo ativado.

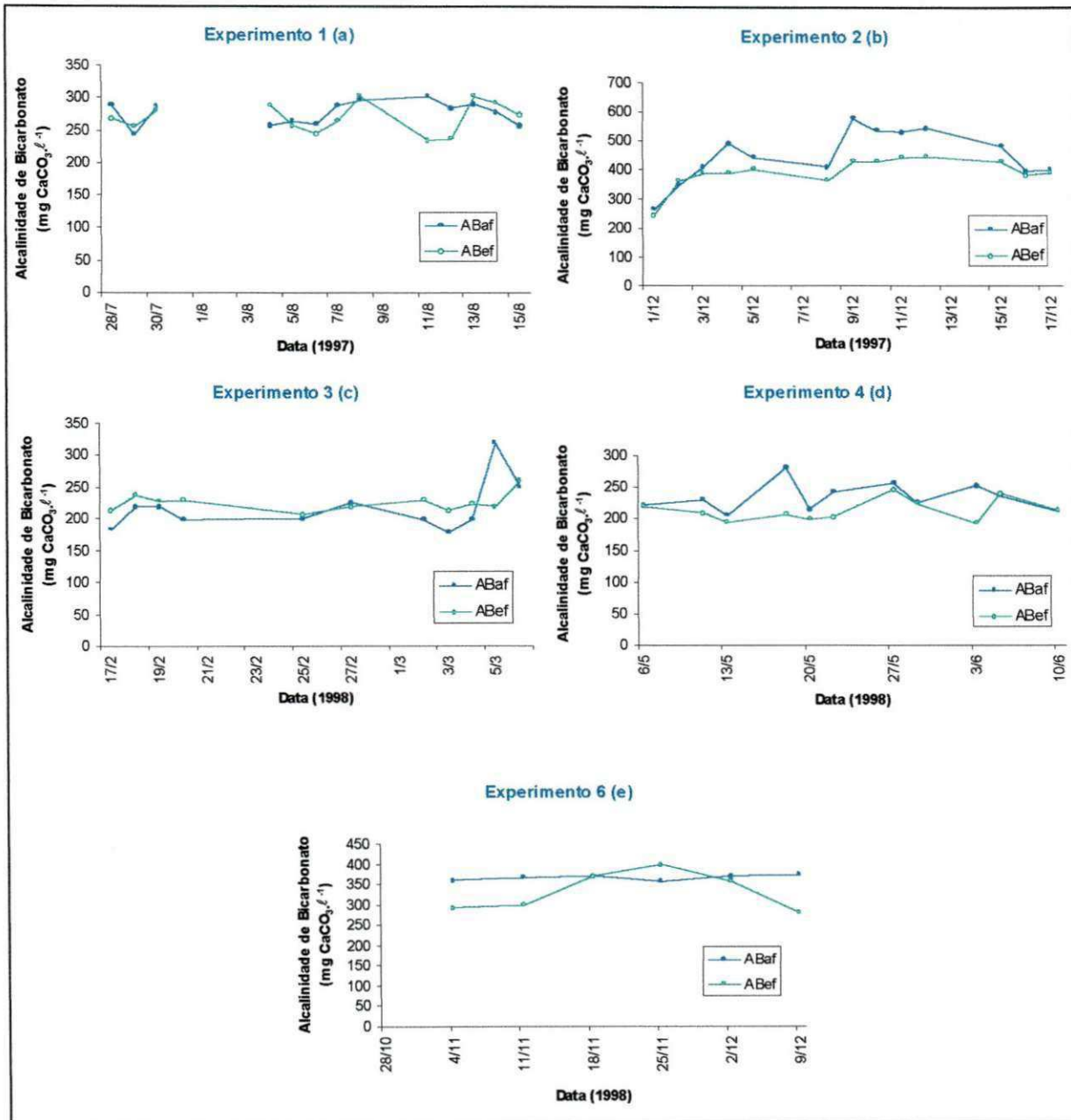


FIGURA 5.21 - VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DE BICARBONATO AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 1(a), 2(b), 3(c), 4(d) e 6(e) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

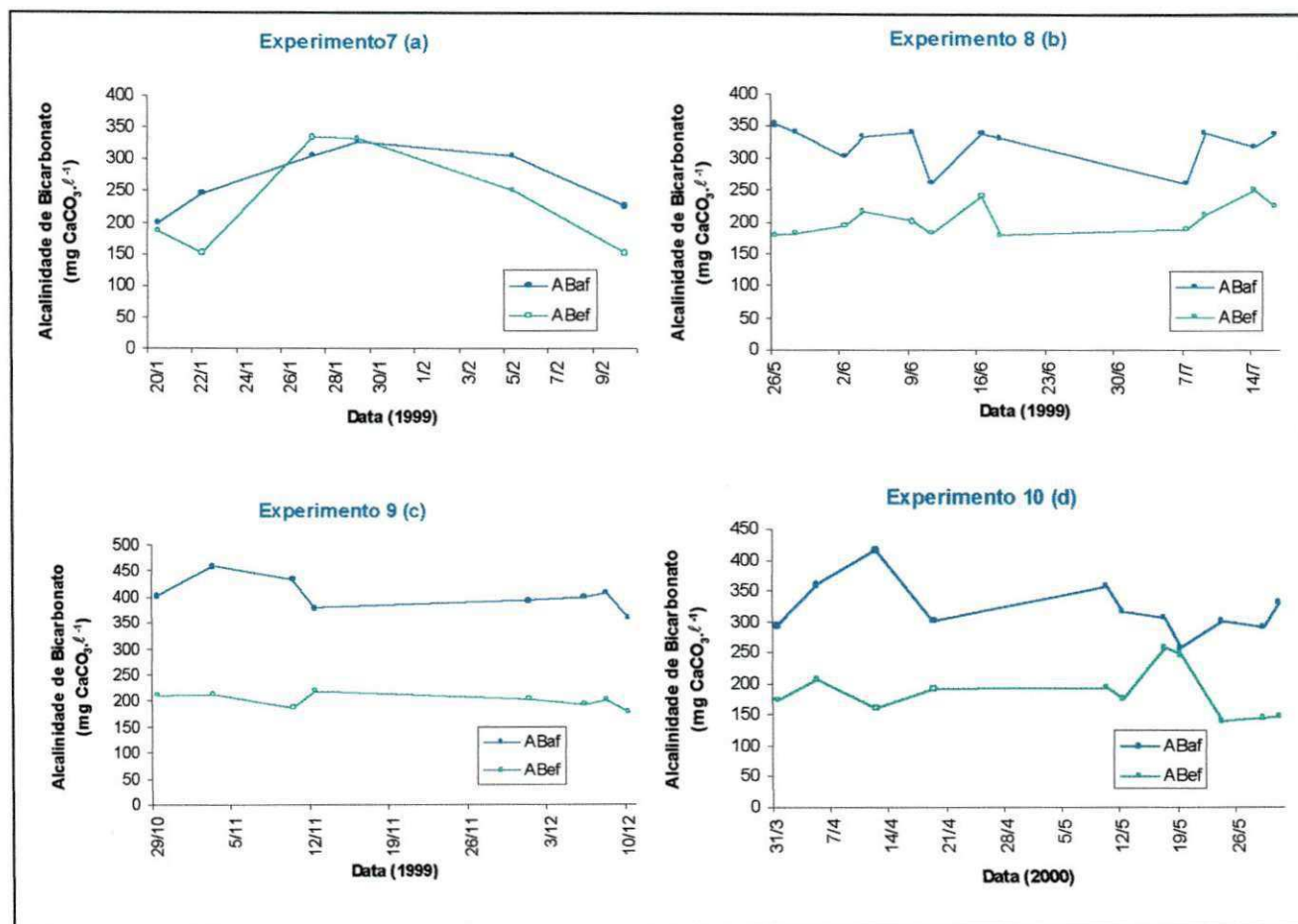


FIGURA 5.22 - VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DE BICARBONATO AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 7(a), 8(b), 9(c) e 10(d) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

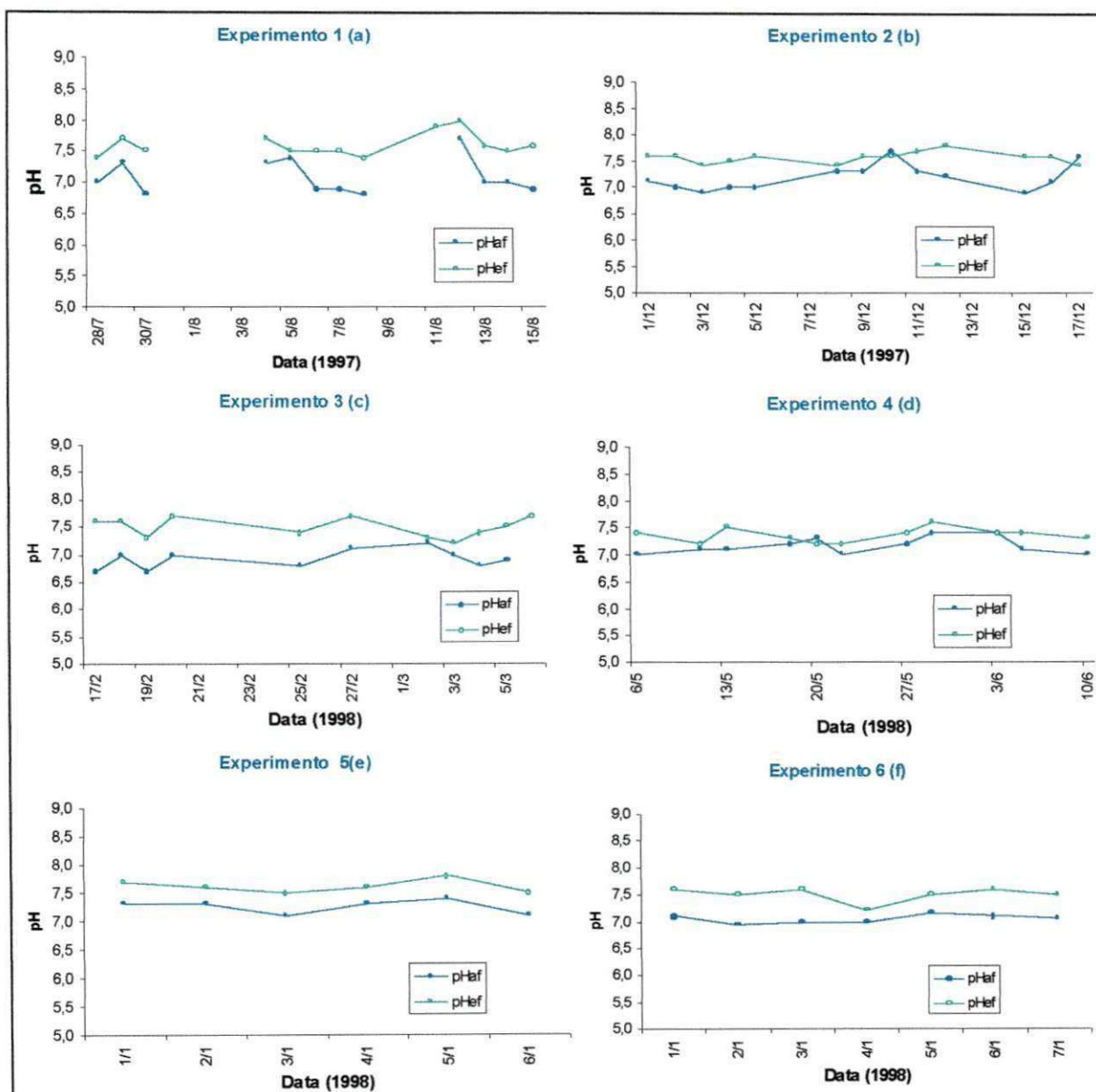


FIGURA 5.23 – VARIAÇÃO DO PH AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 1(a), 2(b), 3(c), 4(d), 5(e) e 6(f) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

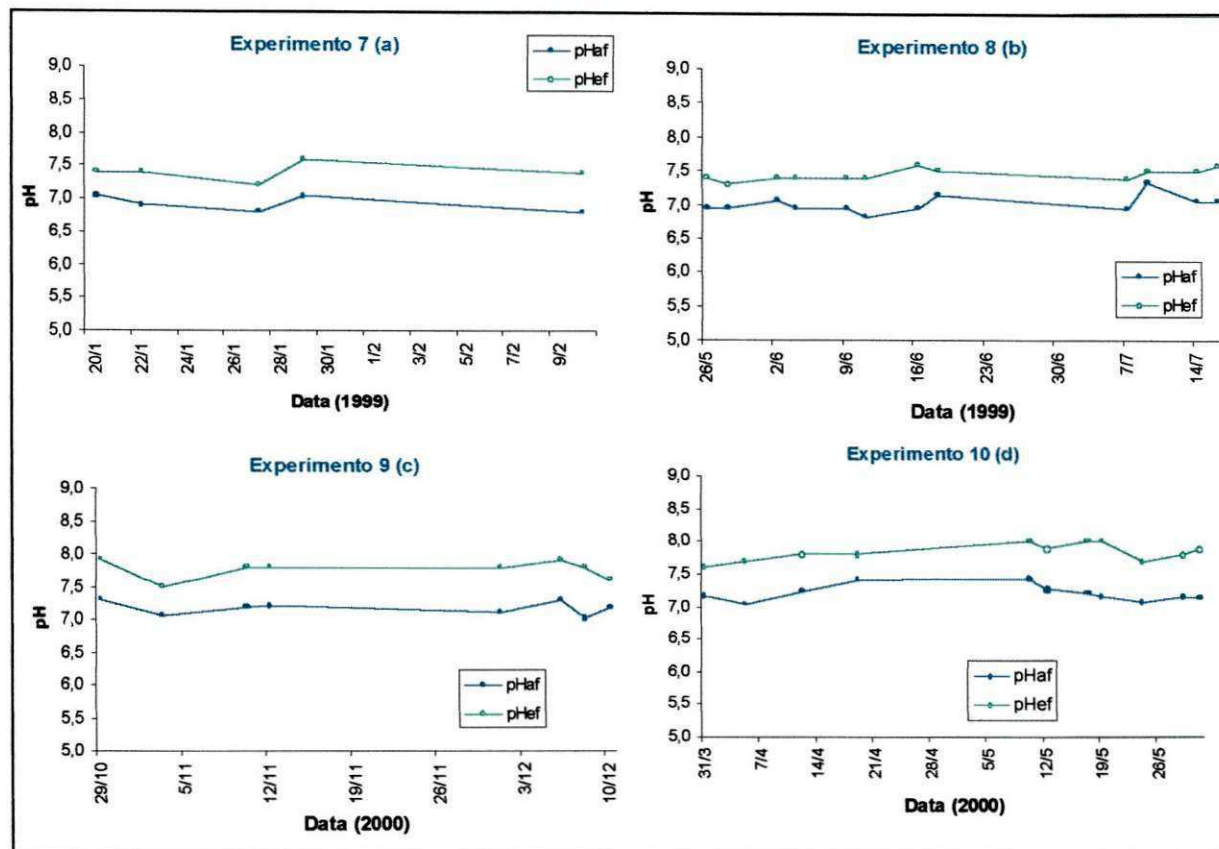


FIGURA 5.24 – VARIAÇÃO DO PH AFLUENTE E EFLUENTE NOS EXPERIMENTOS 7(a), 8(b), 9(c), e 10(d) NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

As Tabelas 5.17, 5.18 e 5.19 apresentam as massas de: NTK afluente, nitrogênio no lodo, nitrogênio disponível à nitrificação e nitrato produzido no reator aeróbio nos experimentos 8, 9 e 10, respectivamente no sistema de lodo ativado.

A Figura 5.25 apresenta a variação da massa de nitrato produzida no reator aeróbio nos experimentos 8, 9 e 10 no sistema de lodo ativado.

A Figura 5.26 apresenta a porcentagem da massa de nitrato produzida no reator aeróbio em relação à massa de NTK afluente ao sistema de lodo ativado dos experimentos 8, 9 e 10.

As variações de nitrato nos reatores anóxico I e anóxico II dos experimentos 8, 9 e 10 no sistema de lodo ativado são apresentadas na Figuras 5.27 e 5.28, respectivamente.

As eficiências de desnitrificação dos reatores anóxico I e anóxico II no sistema de lodo ativado são apresentadas nas Figuras 5.29 e 5.30, respectivamente.

TABELA 5.17 – MASSA DE NTK AFLUENTE, MASSA DE NITROGÊNIO NO LODO, MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO E MASSA DE NITRATO PRODUZIDO NO REATOR AERÓBIO NO EXPERIMENTO 8 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

Data	$MN_{NTKaf(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	MN_L (mg N.d ⁻¹)	$MN_{NTKdisp(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{NO_3(aer)}$ (mg N.d ⁻¹)
26/05/99	25 884	2 743	23 141	5 040
28/05/99	19 044	2 542	16 502	2 340
02/06/99	26 460	2 661	23 799	3 780
04/06/99	24 156	2 606	21 550	2 880
09/06/99	30 276	2 482	27 794	1 080
11/06/99	18 432	2 316	16 116	900
16/06/99	24 156	2 016	22 140	2 340
18/06/99	25 812	2 035	23 777	7 380
07/07/99	17 568	2 025	15 543	2 340
09/07/99	22 032	2 281	19 751	1 260
14/07/99	21 816	1 780	20 036	1 620
16/07/99	23 292	1 523	21 769	540

TABELA 5.18 – MASSA DE NTK AFLUENTE, MASSA DE NITROGÊNIO NO LODO, MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO E MASSA DE NITRATO PRODUZIDO NO REATOR AERÓBIO NO EXPERIMENTO 9 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

Data	$MN_{NTKaf(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	MN_L (mg N.d ⁻¹)	$MN_{NTKdisp(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{NO_3(aer)}$ (mg N.d ⁻¹)
29/10/99	15 888	1 840	14 048	2 400
03/11/99	16 368	2 296	14 072	3 840
10/11/99	18 432	2 107	16 325	3 000
12/11/99	16 032	1 922	14 110	3 360

TABELA 5.19 – MASSA DE NTK AFLUENTE, MASSA DE NITROGÊNIO NO LODO, MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO E MASSA DE NITRATO PRODUZIDO DIARIAMENTE NO REATOR AERÓBIO NO EXPERIMENTO 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

Data	$MN_{NTKaf(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	MN_L (mg N.d ⁻¹)	$MN_{NTKdisp(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{NO_3(aer)}$ (mg N.d ⁻¹)
31/03/00	22 176	1 217	20 959	1 440
05/04/00	24 696	1 426	23 270	5 940
12/04/00	24 012	2 171	21 841	7 920
19/04/00	–	–	–	4 680
10/05/00	15 120	1 135	13 985	9 540
12/05/00	17 496	1 198	16 298	6 894
17/05/00	–	–	–	–
19/05/00	19 332	981	18 351	1 818
24/05/00	–	–	–	–
29/05/00	–	–	–	9 900
31/05/00	18 324	1 166	17 158	10 836

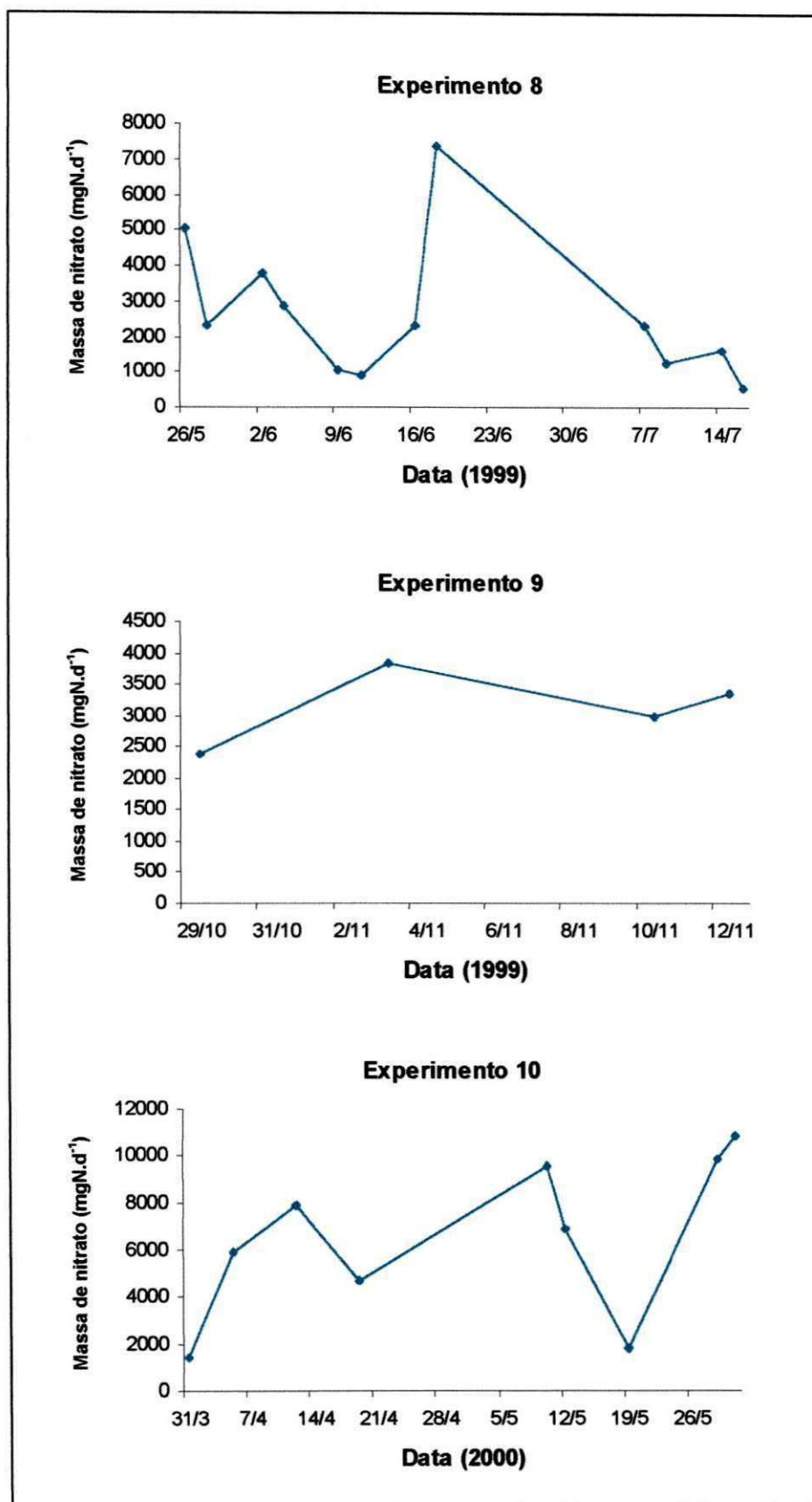


FIGURA 5.25 – MASSA DE NITRATO PRODUZIDA DIARIAMENTE NO REATOR AERÓBIO NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

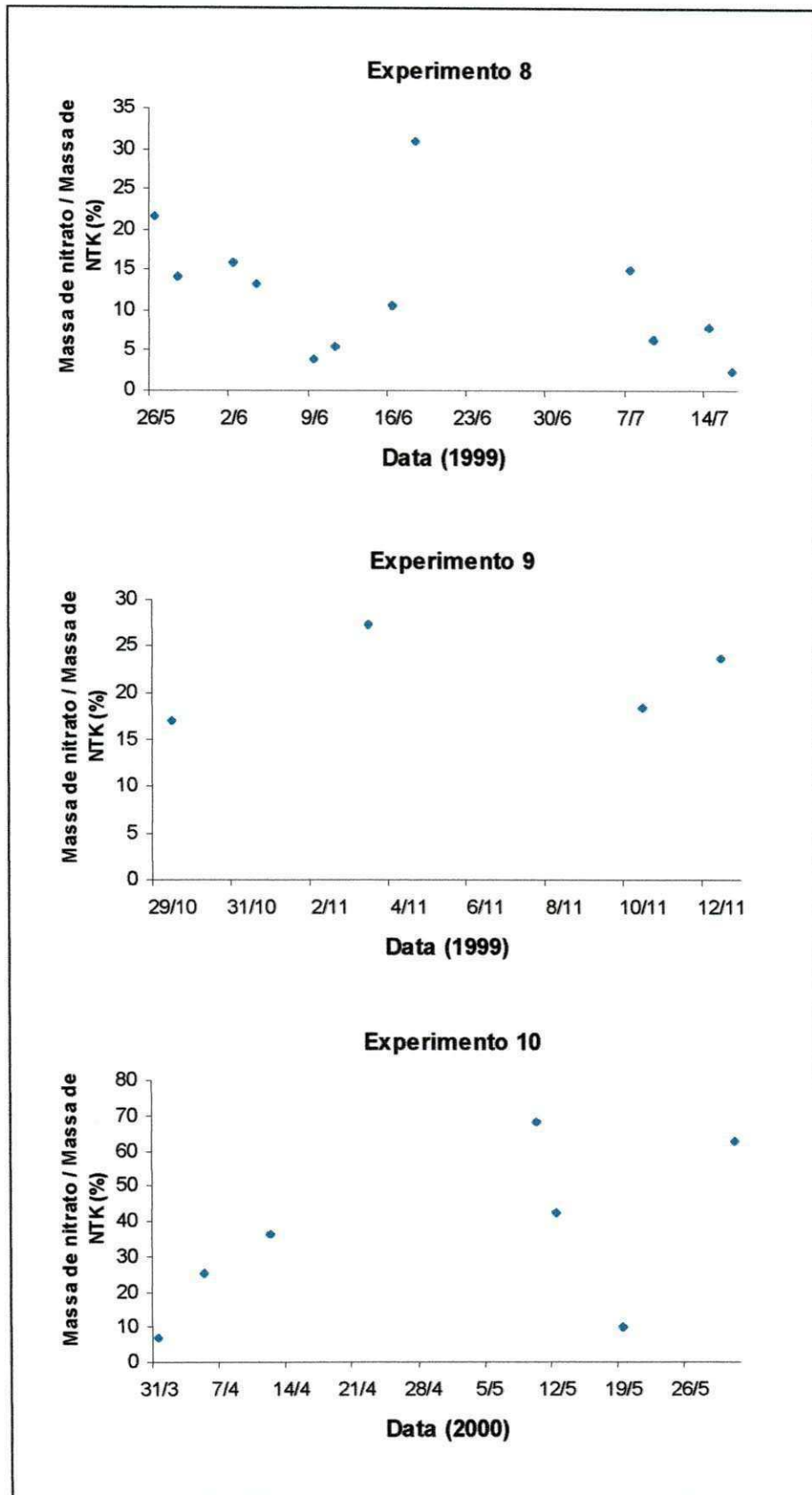


FIGURA 5.26 – MASSA DE NITRATO PRODUZIDA NO REATOR AERÓBIO EM RELAÇÃO À MASSA DE NTK DISPONÍVEL À NITRIFICAÇÃO NO AFLUENTE DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10

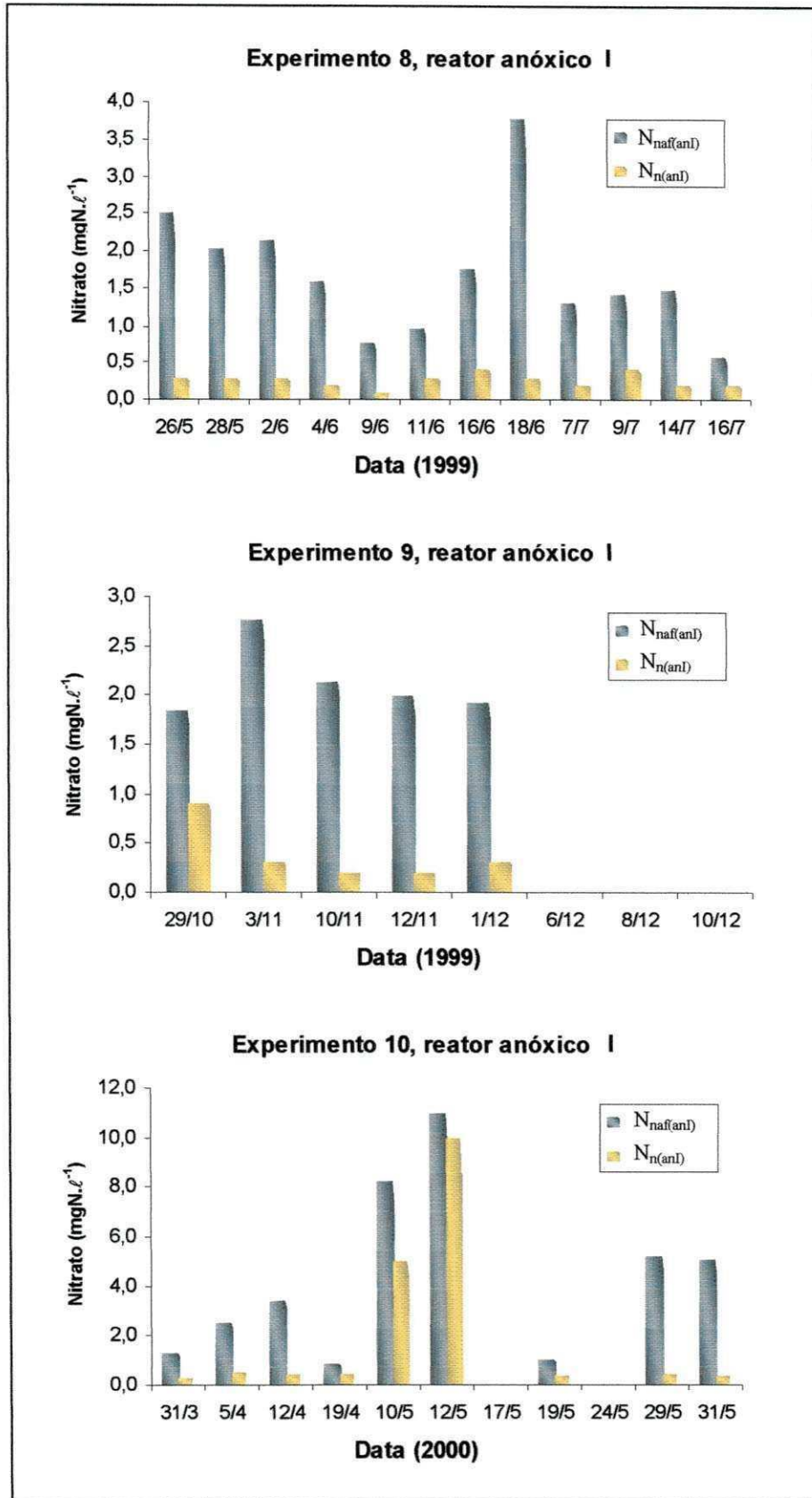


FIGURA 5.27 – VARIACÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NO AFLUENTE E EFLUENTE NO REATOR ANÓXICO I NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

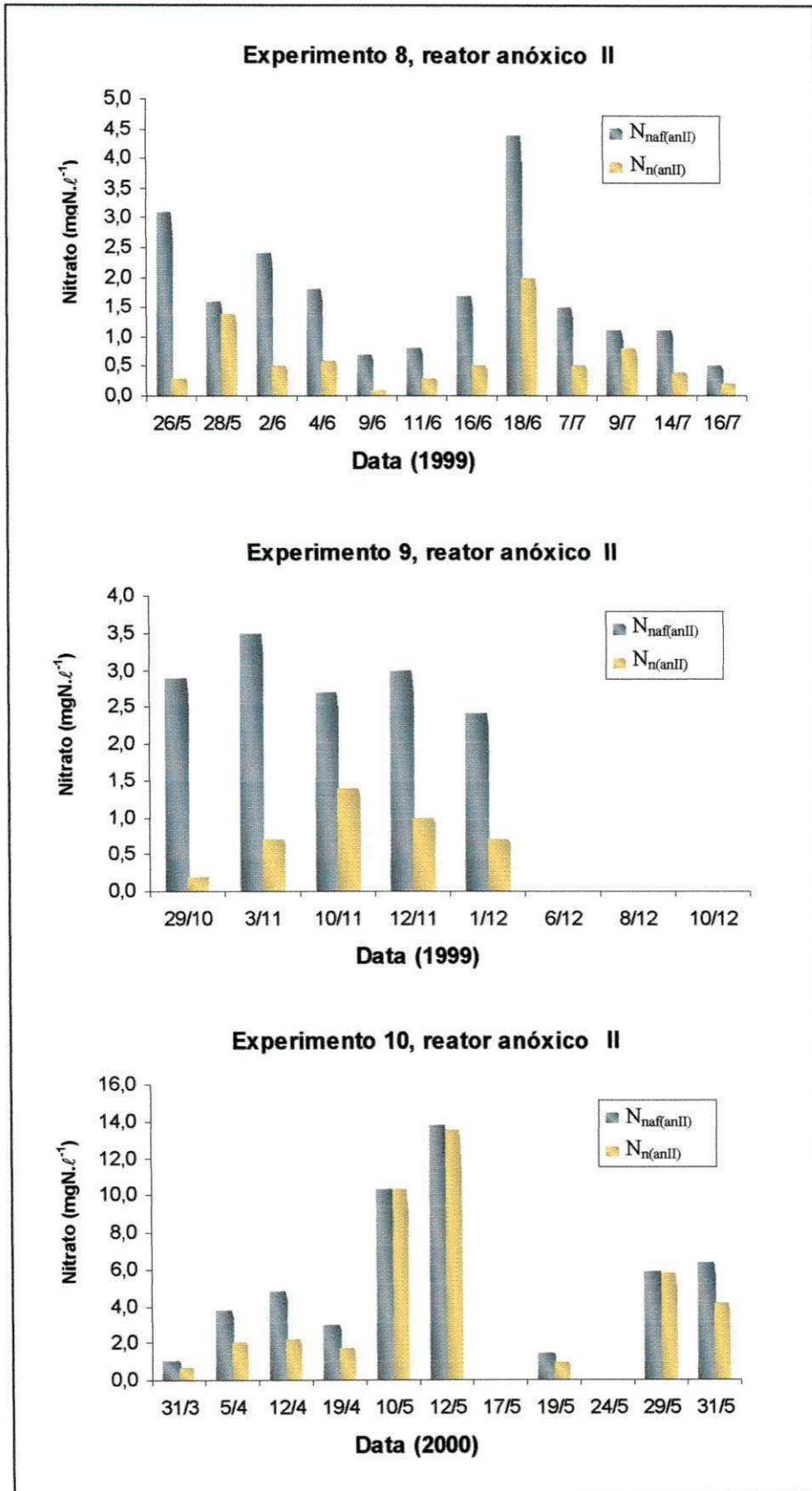


FIGURA 5.28 – VARIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NO AFLUENTE E EFLUENTE NO REATOR ANÓXICO II NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

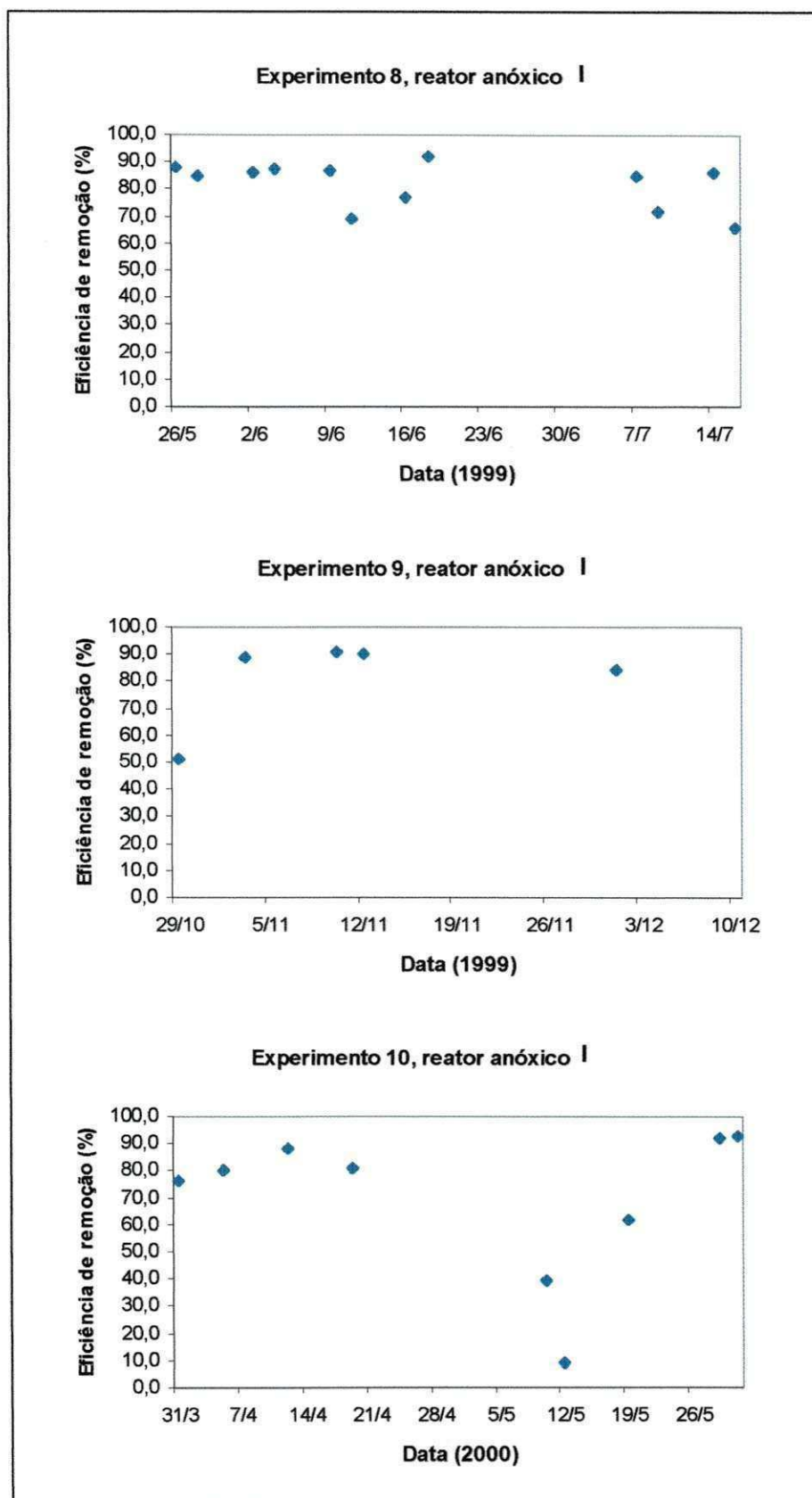


FIGURA 5.29 – EFICIÊNCIA DE DESNITRIFICAÇÃO DO REATOR ANÓXICO I NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

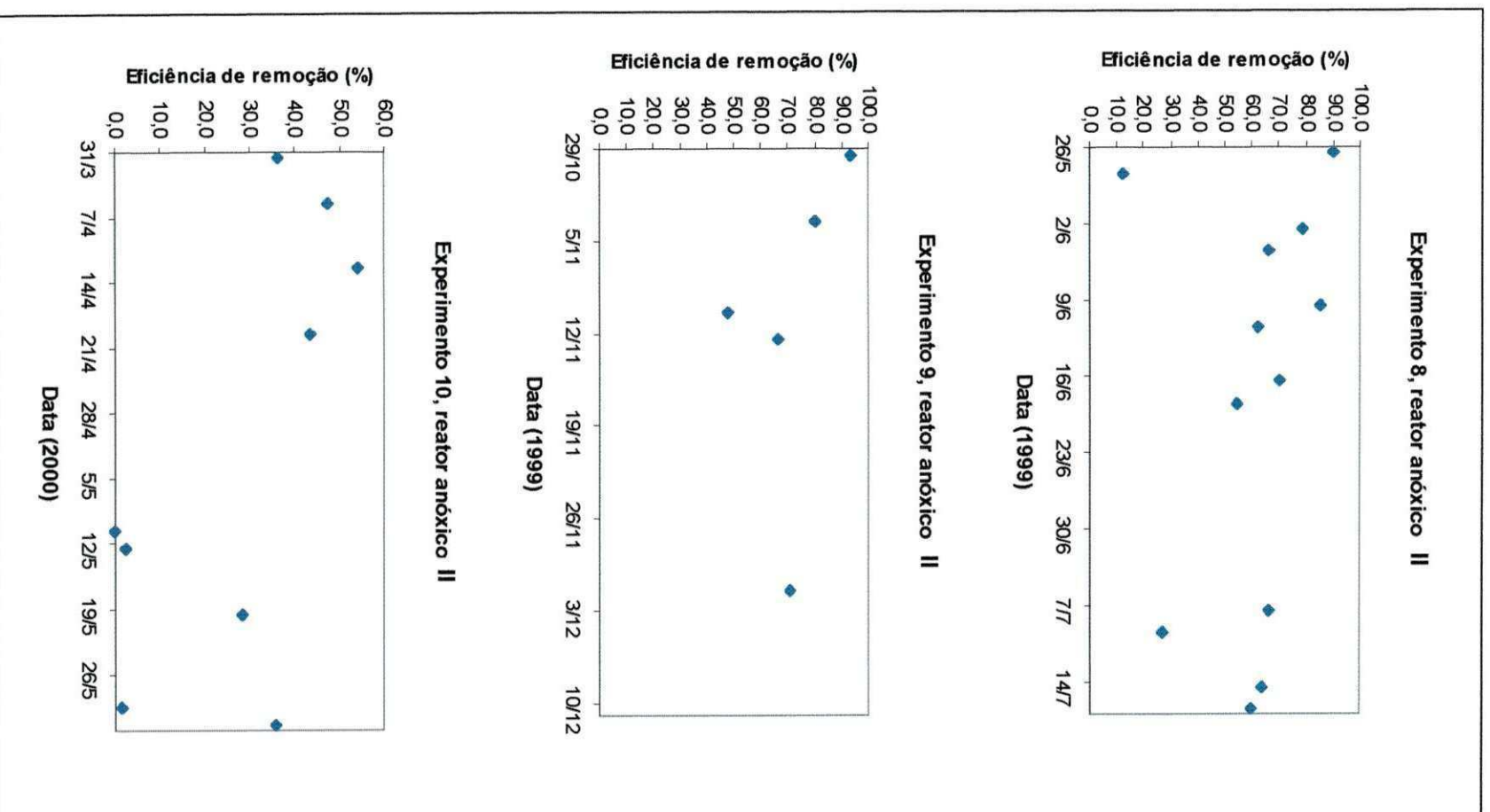


FIGURA 5.30 – EFICIÊNCIA DE DENITRIFICAÇÃO DO REATOR ANÓXICO II NOS EXPERIMENTOS 8, 9 E 10 NO SISTEMA DE LODO ATIVADO

O balanço de massa de nitrogênio nos experimentos 8, 9 e 10 é apresentado nas Tabelas 5.20, 5.21 e 5.22, respectivamente, no sistema de lodo ativado.

TABELA 5.20 – BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 8

Data	$MN_{ta(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{dT(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{I(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	MN_{teLA} (mg N.d ⁻¹)	B_n
26/05/99	26 064	5 976	2 743	2 232	0,42
28/05/99	19 188	3 240	2 542	2 628	0,44
02/06/99	26 568	4 680	2 661	2 196	0,36
04/06/99	24 804	3 384	2 606	1 152	0,29
09/06/99	30 348	1 620	2 482	1 584	0,19
11/06/99	18 540	1 548	2 316	2 016	0,32
16/06/99	24 408	3 312	2 016	6 156	0,47
18/06/99	25 956	7 992	2 035	2 556	0,48
07/07/99	18 108	2 700	2 025	1 440	0,34
09/07/99	22 140	2 052	2 281	2 520	0,31
14/07/99	21 852	2 772	1 780	7 128	0,53
16/07/99	23 364	900	1 523	1 908	0,19

NOTAS: 1. $MN_{ta(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio no afluente do sistema de lodo ativado

2. $MN_{dT(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio desnitrificado do sistema de lodo ativado

3. $MN_{I(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio do lodo de excesso do sistema de lodo ativado

4. MN_{teLA} – Massa diária de nitrogênio no efluente do sistema de lodo ativado

5. B_n – Fator de recuperação de nitrogênio

TABELA 5.21 – BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 9

Data	$MN_{ta(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{d(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{I(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	MN_{teLA} (mg N.d ⁻¹)	B_n
29/10/99	15 960	2 424	1 840	744	0,31
03/11/99	16 464	4 296	2 296	2 808	0,57
10/11/99	18 504	2 952	2 107	1 392	0,35
12/11/99	16 080	3 240	1 922	744	0,37
01/12/99	15 024	2 760	1 856	456	0,34
06/12/99	–	–	–	–	–
08/12/99	–	–	–	–	–
10/12/99	13 608	8 304	1 911	1 728	0,88

NOTAS: 1. $MN_{ta(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio no afluente do sistema de lodo ativado

2. $MN_{d(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio desnitrificado do sistema de lodo ativado

3. $MN_{I(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio do lodo de excesso do sistema de lodo ativado

4. MN_{teLA} – Massa diária de nitrogênio no efluente do sistema de lodo ativado

5. B_n – Fator de recuperação de nitrogênio

TABELA 5.22 – BALANÇO DE MASSA DE NITROGÊNIO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 10

Data	$MN_{ta(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{d(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	$MN_{I(LA)}$ (mg N.d ⁻¹)	MN_{teLA} (mg N.d ⁻¹)	B_n
31/03/00	22284	2052	1217	3132	0,29
05/04/00	24876	5832	1426	1548	0,35
12/04/00	24192	7344	2171	2016	0,48
19/04/00	–	–	–	–	–
10/05/00	15156	5868	1135	4752	0,78
12/05/00	17604	2282	1198	5584	0,51
17/05/00	18504	6757	1034	9191	0,92
19/05/00	19404	1638	981	6588	0,47
24/05/00	–	–	–	–	–
29/05/00	–	–	–	–	–
31/05/00	18432	10102	1166	2758	0,76

NOTAS: 1. $MN_{ta(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio no afluente do sistema de lodo ativado

2. $MN_{d(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio desnitrificado do sistema de lodo ativado

3. $MN_{I(LA)}$ – Massa diária de nitrogênio do lodo de excesso do sistema de lodo ativado

4. MN_{teLA} – Massa diária de nitrogênio no efluente do sistema de lodo ativado

5. B_n – Fator de recuperação de nitrogênio

5.4 O SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

A Figura 5.31 apresenta a remoção média de DQO, DBO, SST, SSV, NTK e Nitrogênio amoniacal no sistema anaeróbio/aeróbio.

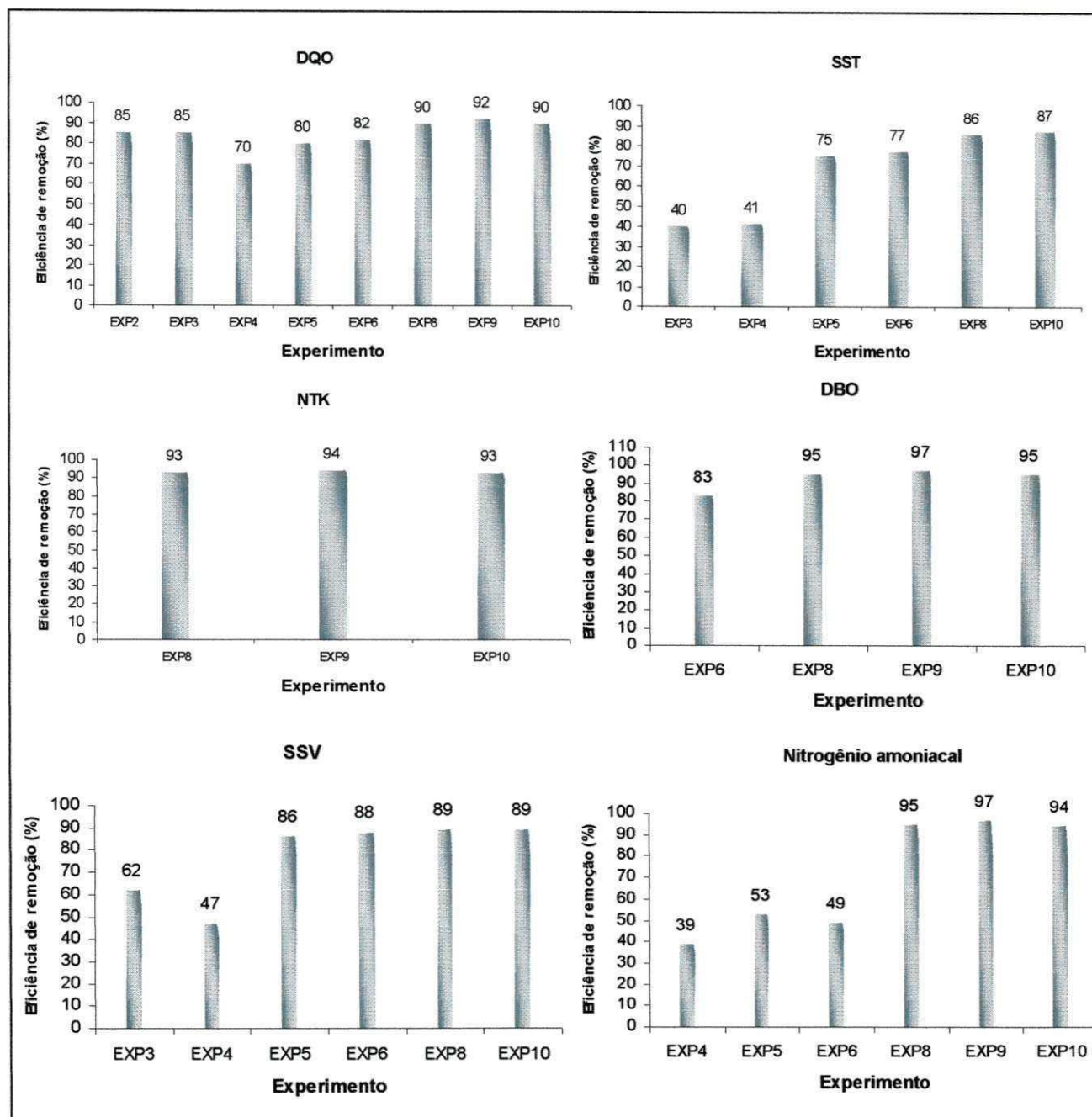


FIGURA 5.31 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO, DBO, SST, SSV, NTK E NITROGÊNIO AMONIAICAL DO ESGOTO BRUTO NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

As frações do balanço de massa de DQO no sistema anaeróbio/anaeróbio no experimento 6 são apresentadas na Tabela 5.23.

TABELA 5.23 – FRAÇÕES DO BALANÇO DE MASSA DE DQO NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO NO EXPERIMENTO 6

DATA	mS_{te}	mS_o	mS_d	mS_x
28/10/98	0,10	0,21	0,29	0,19
04/11/98	0,19	0,21	0,20	0,19
11/11/98	0,29	0,41	0,22	0,33
02/12/98	0,17	0,16	0,50	0,14
09/12/98	0,20	0,24	0,33	0,25
MÉDIA	0,19	0,25	0,31	0,22
N	5	5	5	5

NOTAS: 1. mS_{te} - fração da DQO afluente no efluente no sistema anaeróbio/aeróbio

2. mS_o - fração da DQO afluente oxidada no sistema anaeróbio/aeróbio

3. mS_d - fração da DQO afluente digerida no sistema anaeróbio/aeróbio

4. mS_x - fração da DQO afluente no lodo de excesso no sistema anaeróbio/aeróbio

CAPÍTULO 6

DISCUSSÃO

6.1 ESGOTO BRUTO AFLUENTE AO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO

Com base nos critérios descritos em METCALF & EDDY (1991), o esgoto bruto afluente ao sistema anaeróbio/aeróbio apresentou características físico-químicas de uma água residuária tipicamente doméstica, podendo, com base nos valores referenciais de suas principais características, especialmente material orgânico, ser classificado como esgoto doméstico de concentração média.

A temperatura média do esgoto variou na faixa 25–27 °C. Nos experimentos 1, 4, 5 e 8, realizados nas épocas mais frias, o esgoto apresentou as temperaturas mais baixas (25 a 27 °C) e nos experimentos 2, 3, 6, 7, 9 e 10, realizados nas épocas mais quentes, as temperaturas mais altas (28 a 29 °C).

Embora os experimentos tenham sido realizados ao longo de diferentes estações climáticas, não ocorreram variações marcantes nas características físico-químicas do esgoto em todo o período experimental (Tabela 5.1).

A análise comparativa ANOVA, Figuras 5.1 e 5.2, mostra que, na maioria dos experimentos, o esgoto bruto não apresentou diferenças significativas em suas características. Com relação a DQO, 7 experimentos (1, 3, 5, 6, 8, 9 e 10) não foram significativamente diferentes entre si. A DBO e NTK apresentaram homogeneidade entre todos os experimentos avaliados. A amônia apresentou homogeneidade entre 6 de 7 experimentos avaliados. A alcalinidade de bicarbonato, de ácidos graxos voláteis e os sólidos suspensos totais apresentaram características homogêneas em 5 de 9, 6 de 9 e 5 de 6 experimentos avaliados, respectivamente. O pH médio dos experimentos variou na faixa de 7,1 a 7,5 (Tabela 5.1).

6.2 O REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO (UASB)

6.2.1 Desempenho

As cargas orgânicas volumétricas totais (COV_T) aplicadas ao UASB foram uma composição de esgoto bruto e lodo aeróbio do sistema de lodo ativado e variaram entre 1,62 e 8,8 kg DQO.m⁻³.d⁻¹ ao longo dos experimentos (Tabela 5.2). A análise de variância da COV_T ao longo do conjunto de experimentos é apresentada na Figura 5.3. CHERNICHARO *et al.* (1999) apresentam COV_T inferior a 15 kg DQO.m⁻³.d⁻¹ como faixa de carga volumétrica total normalmente adotada nos projetos de estações em escala real.

Com relação à qualidade do efluente (Tabela 5.3) pode ser observado que com exceção apenas dos SST, o UASB apresentou características físico-químicas variáveis dentro da faixa de valores médios obtidos por outros pesquisadores (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994) tratando somente esgoto doméstico, com exceção apenas dos SST. É importante enfatizar que neste conjunto de experimentos o UASB recebeu como afluente além do esgoto doméstico o lodo aeróbio do sistema de lodo ativado. A análise de variância, Figuras 5.4 e 5.5, mostra onde e como essas variações ocorreram.

Com relação à matéria orgânica, a remoção de DQO variou entre 42 e 73% em todo o período experimental (Figura 5.6). A distribuição da DQO efluente em função da carga orgânica volumétrica total, Figura 5.7, mostrou uma tendência polinomial com um mínimo de DQO efluente entre as COV_T 4 e 6 kg DQO.m⁻³.d⁻¹.

Com a utilização da Tabela 5.4 pode ser realizada uma análise comparativa da eficiência de remoção de DQO do esgoto bruto do UASB em faixas específicas de tempo de detenção hidráulica:

a)TDH em torno de 2 h

Os experimentos 2, 3 e 4 foram realizados com TDH em torno de 2 h e COV_T de 8,8; 6,3 e 7,4 kg DQO.m⁻³.d⁻¹, respectivamente. No experimento 2 o UASB operou com uma carga orgânica volumétrica de 8,8 kg DQO.m⁻³.d⁻¹ (a mais alta dos 10 experimentos) e apresentou uma boa eficiência de remoção de DQO do esgoto bruto (55%) em relação às eficiências obtidas por outros pesquisadores para este TDH. No experimento 3 o UASB foi operado com

as mesmas características do experimento 2 com exceção da COV_T que baixou para 6,3 kg DQO.m⁻³.d⁻¹. Neste experimento, o UASB acumulou a maior massa de lodo entre todos os experimentos, 700 g SSV e 16,7 kg SSV.ℓ⁻¹ (Tabela 5.4), e superou as eficiências de remoção de DQO obtidas por vários pesquisadores (HASKONING, 1969; VIEIRA, 1965; SCHELINKHOUT, 1965, BARBOSA/SANTÁNNA, NOBRE/GUIMARÃES, SCHELINKOUT/COLLAZES, HASKONING/EUROCONSULT *apud* VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). Esta foi a maior remoção obtida entre todos os experimentos provavelmente devido à grande massa de lodo acumulada dentro do reator. Com base no resultado do experimento 3 foi decidido que a operação do UASB no experimento 4 seria com o mesmo TDH do experimento 3 mas com o volume do reator e a vazão de esgoto bruto, ambos reduzidos em 50 %. A experiência não foi boa, o UASB passou a liberar, ocasionalmente, flocos de lodo para o sistema de lodo ativado e a eficiência de remoção de DQO do esgoto bruto do UASB baixou para 45 %.

b)TDH em torno de 4 h

Para o TDH em torno de 4 h foram obtidas as eficiências de remoção de DQO do esgoto bruto de 69 % (Experimento 1 e $COV_T = 2,72$ kg DQO.m⁻³.d⁻¹) e 59 % (Experimento 5 e $COV_T = 4,80$ kg DQO.m⁻³.d⁻¹);

c)TDH em torno de 6 h

Com o TDH de 6 h foi realizado apenas o Experimento 10 que teve a $COV_T = 2,56$ kg DQO.m⁻³.d⁻¹ e o UASB apresentou eficiência de remoção de DQO do esgoto bruto de 65 %.

d)TDH em torno de 8 h

Os experimentos 6, 7, 8 e 9 foram realizados com as cargas de 3,36; 1,62; 2,61 e 2,64 kg DQO.m⁻³.d⁻¹, respectivamente, e TDH de 8 h. A maior eficiência de remoção de DQO do esgoto bruto foi obtida no experimento 6 (71 %) e a menor no experimento 7 (42 %). A baixa eficiência de remoção de DQO do experimento 7 pode ser atribuída a interrupções frequentes no sistema para ajustes operacionais.

A faixa de remoção de DQO de 42 a 73 % para TDH entre 2 e 8 h foi inferior à faixa de 58 a 83% apresentada por VAN HAANDEL & LETTINGA (1994). Tal diferença pode ser atribuída às específicas características operacionais aplicadas ao UASB e ao efeito do lodo aeróbio no metabolismo anaeróbio. Nesta série de experimentos, nos seis primeiros meses de operação do UASB com lodo aeróbio, foi observado um aumento gradativo na quantidade e qualidade dos grânulos do lodo anaeróbio. A partir do 7º mês os grânulos começaram a diminuir em tamanho e número até desaparecerem completamente do lodo. No fim do período experimental de três anos, o lodo anaeróbio tinha o aspecto de um lodo disperso, sem grânulos e sem características floculentas. A evolução na qualidade e quantidade de grânulos nos seis primeiros meses de operação do UASB coincide com os resultados obtidos por ORTEGA *et al* (1997) que constataram um aumento na fração granular do lodo anaeróbio de um reator UASB (TDH=24 h), alimentado com esgoto e lodo aeróbio, sem descarga de lodo durante o período de 100 dias consecutivos de operação. As descargas contínuas de lodo do UASB, em intervalos de tempo muito pequenos, e o possível efeito temporal negativo do lodo aeróbio sobre o metabolismo anaeróbio podem ser a justificativa para a degradação do lodo do UASB ao longo da série de experimentos deste trabalho. Também pode ser observado que nos 3 últimos experimentos (8, 9 e 10), apesar do lodo anaeróbio já ter perdido a boa qualidade inicial, a eficiência de remoção de DQO do UASB foi mantida em torno de 60%.

Os SST foram avaliados apenas nos experimentos 3, 4, 5, 6, 8 e 10. A eficiência de remoção de SST (Figura 5.8) atingiu os valores mínimos de 44 e 25 % nos experimentos 3 e 4, respectivamente, e o valor máximo de 82 % no experimento 8. As concentrações de SST no efluente do UASB, nos experimentos 3 e 4, foram as mais altas, 281 e 254 mg.ℓ⁻¹, respectivamente (Tabela 5.3) e se distanciaram das concentrações obtidas nos outros experimentos. A discrepância dos experimentos 3 e 4 em relação aos outros experimentos pode ser claramente observada pela análise de variância (Figura 5.4) e, provavelmente, pode ser explicada pela alta concentração de sólidos presentes no reator UASB, no experimento 3, e pelo pequeno volume do reator, no experimento 4, associado à alta velocidade ascensional de fluxo de 1,0 m.h⁻¹ do UASB nos experimentos 3 e 4 (TDH = 2 h). Também, é importante observar que o tempo de permanência influencia a produção de lodo: quanto mais curto o tempo de permanência, maior é a produção de lodo (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

A concentração de nitrogênio amoniacal no efluente do UASB variou entre 22 e 59 mg/ℓ (Figura 5.9) e a remoção de NTK, Figura 5.10, variou entre 13 e 26 % nos quatro

experimentos avaliados. O valor de 26 % para a remoção de NTK foi conseguido apenas no experimento 8 e coincide com o valor encontrado por SOUSA (1996).

6.2.2 Estabilidade Operacional

O pH do UASB esteve dentro da faixa adequada à digestão anaeróbia durante todo o período experimental. O pH médio do efluente do UASB variou entre 6,7 e 7,2 (Tabela 5.3). Considerando todos os dados de cada experimento (Anexo A) pode ser observado que o pH mínimo do efluente foi 6,6 e o máximo 7,8, valor este que ocorreu esporadicamente. A Figura 5.11 mostra a variação do pH do esgoto bruto e do efluente do UASB nos 10 experimentos realizados. O pH do lodo dentro do digestor se manteve na faixa de 6,3 a 7,2 sendo que o valor de 6,3 ocorreu apenas uma vez no experimento 8 (Anexo A). Pelos resultados apresentados pode-se entender que o UASB não apresentou variações de pH que possam refletir uma baixa estabilidade.

A alcalinidade média de bicarbonato do esgoto bruto (Tabela 5.1), variou entre 228 e 455 mg CaCO_3/ℓ , e a alcalinidade de bicarbonato do efluente do UASB, Tabela 5.3, variou na faixa de 216 a 449 mg CaCO_3/ℓ . A variação da alcalinidade média de bicarbonato do esgoto bruto e do efluente do UASB, apresentada na Figura 5.12, mostra que o esgoto bruto apresentou boa capacidade de tamponação em todos os experimentos.

Os ácidos graxos voláteis do efluente do UASB foram sempre baixos e variaram na faixa de 28 a 134 mg HAc/ℓ (Figura 5.13).

Uma avaliação da possibilidade de azedamento do conteúdo do reator UASB para as características médias do esgoto de Campina Grande (Alcalinidade de bicarbonato = 5 meq. ℓ^{-1} , pH = 7,2, DQO = 500 mg. ℓ^{-1} e DBO = 350 mg. ℓ^{-1}) foi realizada por Bezerra (1998) com o uso do diagrama de Deffeyes apresentado em (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). Foi observado que o risco potencial de azedamento existiria se no reator UASB ocorresse apenas a fermentação ácida e desprendimento parcial de CO_2 . Segundo esses autores os seguintes fatores precisam ocorrer para haver uma diminuição significativa de pH no UASB: 1) a eficiência de metanogênese deve ser pequena, 2) a concentração de DQO digerível deve ser alta e 3) a alcalinidade de bicarbonato no afluente deve ser baixa. Pelos dados de pH, alcalinidade e ácidos graxos voláteis observados no UASB na operação do sistema

anaeróbio/aeróbio pode ser constatado que o UASB apresentou estabilidade operacional sem riscos de acumulação de ácidos orgânicos e, conseqüente comprometimento do conteúdo do reator.

6.3 O SISTEMA DE LODO ATIVADO

O sistema de lodo ativado foi operado com cargas orgânicas volumétricas médias que variaram entre 0,59 e 2,42 kg DQO.m⁻³.d⁻¹ (Tabela 5.10).

Nos 6 primeiros experimentos o sistema de lodo ativado não apresentou indícios de nitrificação e se comportou como um sistema convencional de lodo ativado embora tenha sido observado que, nestes experimentos, houve remoção de nitrogênio amoniacal, fato que será discutido mais adiante.

A partir do experimento 7 os processos de nitrificação e desnitrificação foram estabelecidos no sistema. Nos experimentos 7, 8, 9 e 10 as cargas de NTK aplicadas foram 0,23; 0,30; 0,22 e 0,26 kg N.m⁻³.d⁻¹, respectivamente, e as relações DBO/NTK foram 3,6; 4,2; 2,8 e 3,0, respectivamente. Embora a concentração de oxigênio dissolvido no reator aeróbio tenha variado entre 3 e 4 mg O₂.ℓ⁻¹ (experimentos 1, 2, 3, 4 e 5) e entre 5,0 e 6,0 mg.ℓ⁻¹ (experimentos 6, 7, 8, 9 e 10), a taxa de nitrificação foi sempre muito baixa, quando comparada às de sistemas de lodo ativado tratando esgoto bruto tipicamente doméstico.

As características do esgoto afluente, aplicado ao sistema (Tabela 5.11), variaram ao longo dos 10 experimentos em função da eficiência do reator UASB e da adição suplementar de esgoto bruto necessária à adequação do afluente para a realização dos processos de nitrificação e desnitrificação. Uma visão geral da qualidade do efluente do sistema de lodo ativado é apresentada na Tabela 5.12.

O experimento 1 foi realizado como uma investigação preliminar, para conhecimento do sistema. O sistema de lodo ativado foi alimentado apenas com o efluente do UASB, com uma carga orgânica volumétrica média de 0,59 kg DQO.m⁻³.d⁻¹ (variou entre 0,24 e 1,14 kg DQO.m⁻³.d⁻¹). A concentração média de sólidos suspensos voláteis, estabelecida no sistema, foi muito baixa, em torno de 500 mg.ℓ⁻¹ e os flocos produzidos foram do tipo cabeça de alfinete ("pin point floe"). Com esses flocos e com o decantador sem as características apropriadas, houve flotação de sólidos no decantador e descarga de lodo juntamente com o

efluente. Dessa forma, o sistema não manteve a idade de lodo planejada para o experimento (5 dias). Não houve remoção expressiva de DQO no sistema conforme pode ser observado na Figura 5.17 e a DQO efluente variou em uma faixa bastante ampla (54 a 228 mg DQO. ℓ^{-1}). A alcalinidade de bicarbonato variou entre 235 e 303 mg $\text{CaCO}_3.\ell^{-1}$ e o pH médio do efluente foi 7,6 com coeficiente de variação de 2,4%. A taxa de consumo de oxigênio média foi muito baixa (27,7 mg. $\ell^{-1}.\text{h}^{-1}$) devido à baixa população bacteriana retida no sistema. O sistema não apresentou indícios de nitrificação.

No experimento 2 o sistema de lodo ativado continuou sendo alimentado apenas com o efluente do UASB, com uma carga orgânica volumétrica média de 2,34 kg DQO. $\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ e que variou entre 0,97 e 6,32 kg DQO. $\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$. O alto valor da carga orgânica volumétrica média aplicada ao Bardenpho e sua ampla faixa de variação foram devidos a massas de lodo que foram desprendidos do UASB nos primeiros dias do experimento. Devido à maior carga orgânica aplicada e à substituição do decantador que promoveu uma maior retenção de sólidos, a concentração média de sólidos suspensos voláteis no sistema passou a ser 826 mg. ℓ^{-1} . Embora tenham melhorado as condições operacionais e a idade de lodo tenha sido duplicada (10 dias), o sistema não apresentou comportamento estável nem um efluente de boa qualidade (Tabela 5.12 e Figuras 5.17, 5.21 e 5.23). No entanto, em relação ao experimento 1, o sistema melhorou o desempenho. A remoção de DQO, que praticamente não existiu no experimento 1 (Figura 5.17), passou a ser de 54% e a concentração média efluente foi de 111 mg DQO. ℓ^{-1} com variação entre 58 e 159 mg DQO. ℓ^{-1} , bem menor que a do experimento 1 que foi 124 mg DQO. ℓ^{-1} e variou entre 54 e 228 mg DQO. ℓ^{-1} . Também, neste experimento o sistema não apresentou indícios de nitrificação.

O experimento 3 foi uma repetição do experimento 2 com o efluente do UASB mais estabilizado (o UASB neste experimento apresentou um comportamento mais estável). A carga orgânica volumétrica média aplicada ao sistema de lodo ativado foi mais alta do que a do experimento 1 e mais baixa do que a do experimento 2; 0,86 kg DQO. $\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ com variação entre 0,66 e 1,19 kg DQO. $\text{m}^{-3}.\text{d}^{-1}$. Neste experimento, o sistema de lodo ativado apresentou um efluente de melhor qualidade quando comparado com o efluente do experimento 2 (Tabela 5.12). Os sólidos sedimentáveis do licor misto foram muito elevados, 730 $\text{m}\ell/\ell$, e o lodo apresentou características de intumescimento. A concentração de sólidos suspensos totais do efluente foi bastante alta, 282 mg/ ℓ . Apesar da idade de lodo de 10 dias e de aparentemente estarem presentes no sistema todas as condições necessárias, a nitrificação não ocorreu.

No experimento 4 o afluente do sistema de lodo ativado passou a ser uma composição do efluente do UASB (50 %) e esgoto bruto (50 %) em termos de vazão. Essa modificação foi devida à necessidade de adequar o sistema ao desenvolvimento dos processos de nitrificação e desnitrificação. A carga orgânica volumétrica média passou de 0,86 kg DQO.m⁻³.d⁻¹ (experimento 3) para 1,71 kg DQO. m⁻³.d⁻¹. O sistema passou a ter uma concentração média de sólidos suspensos voláteis de 5092 mg.ℓ⁻¹. O desempenho na remoção de matéria orgânica aumentou (Figura 5.17) mas a concentração média de sólidos suspensos totais ainda permaneceu bastante elevada (245 mg SST.ℓ⁻¹). A análise microscópica do lodo mostrou uma forte presença de organismos filamentosos, característica de um lodo intumescido. Não houve indícios de nitrificação mas foi observado uma perda de nitrogênio amoniacal do sistema; a concentração média do afluente foi 30 mg N. ℓ⁻¹ e a do efluente foi 23 mg N.ℓ⁻¹.

O experimento 5 foi planejado para ser uma repetição do experimento 4 porque neste o UASB liberou flocos de lodo para o sistema de lodo ativado havendo incorporação desses flocos ao sistema. No experimento 5 o tempo de detenção hidráulica do UASB foi duplicado (Tabela 4.1). O esperado era que a carga orgânica aplicada ao sistema de lodo ativado diminuísse ao invés de aumentar. A carga orgânica do sistema de lodo ativado que no experimento 4 foi 1,71 kg DQO. m⁻³.d⁻¹ deveria ser então reduzida. Tal fato não aconteceu porque a concentração de DQO do esgoto bruto aumentou de 353 para 538 mg.ℓ⁻¹. A carga orgânica média aplicada ao sistema de lodo ativado passou a ser 2,30 kg DQO.m⁻³.d⁻¹. Apenas por questões de ajustes operacionais a idade de lodo baixou de 10 para 9 dias. Neste experimento, o sistema melhorou o desempenho. A remoção média de DQO foi 73 % e a DQO média do efluente foi 87 mg.ℓ⁻¹. A concentração média de sólidos suspensos totais no efluente baixou de 245 para 68 mg SST.ℓ⁻¹. O lodo apresentou características de intumescimento mas que não acarretaram grandes problemas de flotação de sólidos no decantador. O pH se comportou como nos outros experimentos (Figura 5.23). O sistema continuou sem nitrificar e o nitrogênio amoniacal continuou a desaparecer, a concentração média de Nitrogênio amoniacal no afluente foi 36 mg N.ℓ⁻¹ e a do efluente foi 21 mg N.ℓ⁻¹.

No experimento 6, embora o tempo de detenção hidráulica do UASB tivesse sido novamente duplicado (8 h) e as vazões do efluente do UASB e do esgoto bruto (componente do afluente ao sistema de lodo ativado) tivessem sido reduzidas, mesmo assim, a carga orgânica volumétrica média aplicada ao sistema aumentou de 2,3 para 2,42 kg DQO.m⁻³.d⁻¹.

A idade de lodo do sistema foi 9 dias e, na tentativa de que o sistema nitrificasse, foi aumentada a concentração de oxigênio dissolvido para a faixa de 5 a 6 mg.ℓ⁻¹. A nitrificação não ocorreu e aumentou o desaparecimento de nitrogênio amoniacal (Tabelas 5.11 e 5.12). A concentração de sólidos suspensos voláteis do licor misto se manteve aproximada à do experimento 5, 5551 mg.ℓ⁻¹. A eficiência de remoção de DQO foi apenas um pouco mais alta do que a do experimento 5, 76 %, embora tenha aumentado a concentração média da DQO no efluente, 128 mg DQO.ℓ⁻¹. A DBO média e a concentração média de sólidos suspensos totais do efluente foram 45 mg.ℓ⁻¹ e 73 mg.ℓ⁻¹, respectivamente. Também, neste experimento, o lodo se mostrou com características de intumescimento, mas que também não causaram grandes problemas de flotação de sólidos no decantador. Este foi o experimento ao longo da série, em que o sistema de lodo ativado se mostrou mais equilibrado, com as características físico-químicas do efluente mais estáveis (Tabela 5.12 e Figuras 5.17, 5.21 e 5.23). O balanço de massa médio de DQO do sistema apresentou um fator de recuperação (B₀) igual a 0,93 (calculado pela Tabela 5.16).

O experimento 7 não será avaliado porque o sistema de lodo ativado não operou adequadamente devido a incontornáveis problemas técnicos de operação. No entanto, é interessante observar que neste experimento o sistema nitrificou, fato até então não ocorrido. O mais importante diferencial entre o experimento 6 e o experimento 7, que pode justificar a nitrificação no experimento 7, é a idade de lodo que passou de 9 (experimento 6) para 14,8 dias (experimento 7). VAN HAANDEL & MARAIS (1999), utilizando a expressão simplificada de Arrhenius que expressa o efeito da temperatura sobre a taxa máxima de crescimento específico de *Nitrosomonas* ($\mu_{mn} = \mu_{mn(20)} \cdot \theta^{T-20}$) e os valores de $\theta = 1,123$ e $\mu_{mn} = 0,4 \text{ d}^{-1}$ para a faixa de temperatura de 14 – 20 °C (MAR AIS & EKAMA, 1976), determinaram a idade mínima, teórica, para a nitrificação do esgoto doméstico no sistema de lodo ativado, à temperatura de 26 °C, $R_{sm}=1,26 \text{ d}$. Portanto, é surpreendente que, até o experimento 6, não tenha havido indícios de nitrificação no sistema de lodo ativado, considerando que a idade de lodo do sistema sempre foi muito superior à mínima de VAN HAANDEL & MARAIS (1999) e que, no sistema, sempre foram mantidas as outras condições básicas, necessárias à nitrificação (condições já mencionadas na revisão de literatura).

Nos experimentos 8, 9 e 10 foi mantida a idade de lodo de 14,8 dias e as porcentagens de vazões de esgoto bruto na vazão afluyente do sistema foram de 50, 25 e 33 %,

respectivamente. O desempenho e a estabilidade do sistema de lodo ativado nestes experimentos foram superiores aos obtidos nos experimentos anteriores. Pela Tabela 5.12 e Figuras 5.17 a 5.19 e 5.21 a 5.24 pode ser observada a diferença de comportamento entre os experimentos 2, 3, 4, 5, 6 e os experimentos 8, 9 e 10. As concentrações médias efluentes nos experimentos 8, 9 e 10 foram 69, 54 e 54 $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ para DQO, 24, 15 e 15 $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ para DBO e 38, 14 e 28 $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ para SST, respectivamente, caracterizando um efluente de boa qualidade e apenas um pouco inferior ao efluente de um sistema tratando somente esgoto bruto. Os processos de nitrificação e desnitrificação foram desenvolvidos nos experimentos 8, 9 e 10 mas não mostraram o equilíbrio e a eficiência inerentes ao sistema de lodo ativado. A massa de nitrato produzida no reator aeróbio em relação à massa de NTK disponível à nitrificação (massa de NTK disponível à nitrificação = massa de NTK no afluente do sistema menos a massa de nitrogênio no lodo de excesso do sistema) no sistema de lodo ativado foi muito pequena e variável conforme pode ser observado nas Tabelas 5.17 a 5.19 e Figura 5.25. A baixa eficiência e a alta instabilidade da nitrificação, nos três experimentos, podem ser atribuídas às características do efluente anaeróbio e à perda da amônia durante a realização dos experimentos. A desnitrificação ocorreu sem grandes problemas. Também, é importante observar que as bactérias desnitrificantes são heterotróficas facultativas, que durante os três experimentos o sistema operou com esgoto bruto como fonte de carbono orgânico e com a fração de lodo anóxica (f_m) em torno do valor máximo (0,6) estabelecido por MARAIS & EKAMA (1976). A eficiência de desnitrificação média no experimento 8 foi de 81% no reator anóxico 1 e 72% no reator anóxico 2, no experimento 9 foi de 82% no reator anóxico 1 e 72% no reator anóxico 2 e no experimento 10 foi de 79% no reator anóxico 1 e 28% no reator anóxico 2 (Figuras 5.29 e 5.30). Os experimentos 8 e 9 apresentaram um melhor desempenho na desnitrificação do que o experimento 10 que, além de uma eficiência média mais baixa, apresentou maior instabilidade. Nos três experimentos o lodo apresentou características de intumescimento. De acordo com a Figura (5.22) pode ser observado consumo de alcalinidade nos experimentos 8, 9 e 10. Com a utilização das Tabelas 5.11 e 5.12 pode ser observado que o consumo médio da alcalinidade de bicarbonato nos experimentos 8, 9 e 10 foi 118, 203 e 135 $\text{mg CaCO}_3 \cdot \ell^{-1}$, respectivamente. O consumo de alcalinidade, em nenhum dos três experimentos, provocou grandes variações de pH (Figura 5.24) devido à excelente capacidade de tamponamento do esgoto afluente ao sistema de lodo ativado. Nos experimentos 8, 9 e 10, em alguns dias de análise foi observada a presença da alga *Chlorella* no decantador.

A análise conjunta de todos os experimentos pode resultar em uma série de observações:

1. O sistema de lodo ativado só atingiu um bom estado de equilíbrio e qualidade do efluente final (DQO, DBO e SST), compatível com os sistemas que tratam apenas esgoto bruto, nos experimentos 8, 9 e 10. Também, os processos de nitrificação e desnitrificação só ocorreram nesses experimentos.

2. Do experimento 3 ao 10 o lodo apresentou características de intumescimento¹ fato que é comum em sistemas de lodo ativado. A Tabela 5.14 mostra que a concentração de sólidos sedimentáveis do lodo sempre foi muito alta nos experimentos de 3 a 10.

3. Apesar da alta concentração de sólidos sedimentáveis no licor misto, nos experimentos de 8 a 10 a concentração média do SST no efluente foi baixa (Tabela 5.12).

4. A eficiência de nitrificação foi muito baixa, mas a desnitrificação, em relação à concentração de nitrato presente no sistema, apresentou um bom desempenho.

5. As diminuições de NTK no sistema de lodo ativado não implicaram no aumento correspondente de nitrato conforme pode ser observado na Figura 5.26 e Tabelas 5.17 a 5.19. A perda de nitrogênio amoniacal é a provável causa de desaparecimento do NTK e é um fato surpreendente porque normalmente só ocorre, a uma taxa elevada, com o pH acima de 9, conforme relatado na literatura. A configuração física (área superficial superior à área do fundo e pequena profundidade, 0,7 m) dos reatores, associada ao alto grau de turbulência promovido pelo equipamento de aeração (compressor de ar), pode ter influenciado na perda de nitrogênio no sistema de lodo ativado. Durante a operação dos experimentos 8, 9 e 10 o compressor trabalhou com a capacidade máxima, a fim de garantir uma concentração de oxigênio dissolvido entre 5,0 e 6,0 mg O₂.ℓ⁻¹.h⁻¹ no sistema Bardenpho².

6. A alta perda de nitrogênio ocasionou o baixo fator de recuperação (Bn) obtido no balanço de massa de nitrogênio (Tabelas 5.20, 5.21 e 5.22).

¹O intumescimento do lodo ocorre devido à presença de organismos filamentosos que se fazem presentes nos sistemas de lodo ativado, principalmente naqueles que possuem zonas anóxicas e causa grandes problemas porque prejudica a sedimentabilidade do lodo. Neste trabalho não foram realizados testes de IVL (índice volumétrico de lodo) ou similares, de forma que a sedimentabilidade do lodo não pode ser avaliada.

²O sistema experimental em questão foi operado com carga hidráulica constante mas a carga orgânica flutuava normalmente como nos sistemas em escala real de modo que, durante os picos de carga, o oxigênio de 3,0 mg.ℓ⁻¹ era reduzido para valores muito baixos.

6.4 O SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO (UASB + BARDENPHO)

6.4.1 Desempenho

Na presente avaliação serão comentados os resultados apenas dos experimentos 6, 8, 9 e 10. O experimento 6 foi o resultado do aprimoramento dos experimentos anteriores e representou o melhor comportamento do sistema (UASB+lodo ativado) para a idade de lodo, do sistema de lodo ativado, entre 9 e 10 d. Os experimentos 8, 9 e 10 foram operados com o sistema de lodo ativado com a mesma idade de lodo (14,8 d), desenvolveram os processos de nitrificação e desnitrificação e de uma forma global apresentaram comportamento similar. O experimento 7 não será avaliado devido ao desequilíbrio no sistema de lodo ativado, ocasionado por problemas operacionais, conforme comentado anteriormente.

A eficiência de remoção de DQO no sistema anaeróbio/aeróbio foi de 82% no experimento 6 e em torno de 91 % nos experimentos 8, 9 e 10 e a remoção de DBO foi 83% no primeiro e em torno de 96 % nos últimos (Figura 5.31). No experimento 6 a remoção de SST foi 77 % e nos experimentos 8 e 10 foi em torno de 87 % (Figura 5.31). A remoção de sólidos suspensos voláteis foi 86 % no experimento 6 e em torno de 89 % nos experimentos 8 e 10 (Figura 5.31) . No experimento 9 não foram realizadas análises de sólidos suspensos. Esses resultados estão na faixa de valores encontrada por outros pesquisadores (SOUSA, 1996; COLETTI *et al.*, 1997; FREIRE, 1999; CYBIS *et al.*, 2000; MARCHETTO, 2000). Com o desempenho obtido nos experimentos de 8 a 10 e observando-se a Tabela 5.12 pode ser constatado que a qualidade do efluente do sistema anaeróbio/aeróbio é aproximada à de um sistema de lodo ativado tratando esgoto doméstico.

A remoção de nitrogênio no sistema anaeróbio/aeróbio foi devida ao sistema de lodo ativado uma vez que um reator UASB não remove nitrogênio com eficiência significativa. A remoção de nitrogênio amoniacal no experimento 6 foi muito baixa, em torno de 49 % e foi atribuída apenas à perda de nitrogênio considerando que neste experimento a nitrificação não ocorreu. Nos experimentos 8, 9 e 10 a remoção de nitrogênio amoniacal superou à do experimento 6, devido à ocorrência da nitrificação, e variou entre 94 e 97 % (Figura 5.31). A remoção de NTK não foi avaliada no experimento 6 e nos experimentos 8, 9 e 10 foi em torno de 93 % (Figura 5.31).

O sistema anaeróbio/anaeróbio apresentou uma alta remoção de nitrogênio mas não foi devido só à remoção biológica. Na realidade, a nitrificação só ocorreu quando o sistema de lodo ativado operou com a idade de lodo de 14,8 d e, mesmo assim, a taxa de nitrificação foi pequena e instável em todos os experimentos em que o processo ocorreu. A maior remoção de nitrogênio foi atribuída à perda de nitrogênio amoniacal, embora deva ser reconhecido que tal mecanismo não seja significativo na faixa de pH entre 7 e 8 a não ser que outros fatores, tais como grau de turbulência, possam contribuir para o seu maior efeito (comentado em 6.3).

O desempenho do sistema anaeróbio/aeróbio na nitrificação foi muito baixo e variável (Figura 5.25). A nitrificação só ocorreu quando o sistema de lodo ativado operou com a idade de lodo de 14,8 dias. A taxa máxima de crescimento específico de *Nitrosomonas* foi muito pequena: $\mu_{nm(25)}=0,28 \text{ d}^{-1}$ (a determinação $\mu_{nm(T)}$ seguiu o procedimento de VAN HAANDEL & MARAIS, 1999 em que $R_{Sm} = 1/((1-f_m)\mu_{nm} - b_n)$). Esse valor é considerado muito pequeno quando comparado com a faixa de valores de $\mu_{nm(25)}$ (0,6 – 1,2) obtida por vários pesquisadores (MARAIIS & EKAMA, 1976 e outros). Segundo esses pesquisadores a taxa máxima de crescimento específico de *Nitrosomonas* deveria ser considerada como uma característica da água residuária porque varia para a mesma fonte de esgoto em diferentes bateladas de experimentos devendo esse efeito ser de natureza inibitória devido a algumas substâncias presentes na água residuária. Não é toxicidade porque alta eficiência de nitrificação pode ser encontrada mesmo com baixo valor de μ_{nm} se a idade de lodo é aumentada suficientemente. Segundo foi comentado na revisão de literatura alguns compostos presentes nos efluentes anaeróbios podem ser causadores do efeito inibitório da nitrificação. Esse argumento pode justificar o baixo valor de μ_{nm} encontrado nesta pesquisa. Os poucos trabalhos publicados e conhecidos (SILVA *et al.*, 1995; FREIRE, 1999; MIRANDA *et al.*, 2001, etc.) sobre o tratamento de efluentes anaeróbios em sistemas de lodo ativado e lagoa aerada, tratando esgoto doméstico com fluxo contínuo, até o presente, reportaram baixa eficiência e instabilidade da nitrificação no sistema anaeróbio/aeróbio. No entanto é interessante observar que os sistemas operados com esgoto sintético não apresentam dificuldade na nitrificação conforme foi constatado nos sistemas operados por SOUSA (1996), COLETTI *et al.* (1997) e CYBIS *et al.* (2000).

Até o presente nos sistemas anaeróbio/aeróbio, operados com esgoto doméstico e fluxo contínuo, os processos de nitrificação e desnitrificação não foram desenvolvidos ou não apresentaram eficiência significativa. Os pesquisadores que trabalharam com esses sistemas abordam a nitrificação como um processo muito difícil e instável devido às características do

efluente anaeróbio. Nada foi comentado sobre a perda de nitrogênio e a maioria dos pesquisadores, em suas publicações, evita discutir ou discute de forma superficial a problemática da nitrificação nos sistemas anaeróbio/aeróbio. Dessa forma, até o presente, quase nada é conhecido sobre essa problemática. A dificuldade de nitrificação no sistema anaeróbio/aeróbio estendeu o período experimental deste trabalho não sendo possível, nesta fase, aprimorar mais a pesquisa e os conhecimentos sobre o processo em sistemas deste tipo, sendo sugerido um aprofundamento desse aspecto num período posterior.

6.4.2 Lodo de Excesso do Sistema Anaeróbio/aeróbio

Duas metodologias (I e II) foram utilizadas para a descarga de lodo de excesso do UASB. A metodologia I, utilizada nos experimentos 2 a 5, não garantiu a idade de lodo no reator UASB em torno de um valor determinado e, por isso, foi substituída pela metodologia II (experimentos 6 a 10) que possibilitou a operação do UASB com a idade de lodo em torno de um valor estabelecido. Na Tabela 5.5 e na Figura 5.14 pode ser observado que a descarga com a metodologia II manteve pouca variabilidade na massa descarregada semanalmente do reator UASB assegurando, dessa forma, pouca variação na idade de lodo estabelecida. Quando a metodologia I foi trocada pela metodologia II, foi mudada a idade de lodo do UASB que passou da faixa variável de 20 – 30 dias para uma idade mais baixa, 14 dias. A idade de 14 dias foi escolhida com o propósito de ser determinada a menor idade do lodo anaeróbio com estabilização adequada ao descarte segundo os critérios da EPA (1992).

A estabilidade do lodo de excesso do UASB foi determinada nos experimentos 8, 9 e 10 (Figuras 5.15, 5.16 e Tabela 5.7). Dois métodos foram utilizados em paralelo: a redução de sólidos suspensos voláteis e a redução teórica de sólidos suspensos voláteis determinada a partir do volume de metano produzido. No experimento 8, o grau de estabilidade foi determinado para as idades de lodo de 28 e 14 dias. Com a idade de lodo de 28 dias o grau de estabilidade foi 13,9 % pelo método da redução de voláteis e 11,2 % pela redução teórica. Esses valores são inferiores ao máximo estabelecido pela EPA (1992) que estabelece uma redução inferior a 17 % (após 40 dias de digestão, a 30 °C, em escala de bancada). Com a idade de lodo de 14 dias, experimentos 8, 9 e 10, o grau de estabilidade variou entre 31 e 38 % pelos dois métodos, demonstrando que com 14 dias o lodo ainda não possui o grau de estabilidade adequado segundo os critérios da EPA (1992).

As características físico-químicas (Tabela 5.8) e sanitárias (Tabela 5.9) do lodo foram determinadas somente em uma análise no experimento 10 e representam apenas um indicativo da qualidade do lodo descartado. O resultado desta análise indica que, do ponto de vista físico-químico, o lodo apresenta características similares às do lodo que comumente é descartado dos digestores convencionais de lodo conforme pode ser observado em (METCALF & EDDY, 1991). Do ponto de vista sanitário, conforme os critérios da EPA (1992), o lodo não apresenta boas condições para o manuseio em outras atividades.

6.4.3 Análise Comparativa entre o Sistema de Lodo Ativado com Digestor Convencional e o Sistema Anaeróbio/Aeróbio

Uma análise comparativa entre um sistema de lodo ativado com digestor de lodo convencional e o sistema anaeróbio/aeróbio pode ser realizada com as equações que descrevem o comportamento da DQO em um sistema de lodo ativado no modelo apresentado por VAN HAANDEL & MARAIS (1999) e com os resultados experimentais obtidos neste trabalho. Para esta análise foi escolhido o experimento 6, por ter apresentado um bom equilíbrio ($B_0 = 97\%$) e ter sido entre os experimentos que não nitrificaram o que apresentou melhor desempenho. Os experimentos que nitrificaram apresentaram melhor desempenho que o experimento 6 mas como não mostraram um bom comportamento em relação à nitrificação, uma análise comparativa com esses experimentos, em termos de consumo de oxigênio e energia, não seria precisa.

O balanço de massa de DQO do sistema anaeróbio/aeróbio no experimento 6 (Tabela 5.23) demonstra que 19% do material orgânico afluyente deixam o sistema como efluente, 22% saem como lodo de excesso, 31% são digeridos e apenas 25% são oxidados. O valor geral de $B_0 = 97\%$ é considerado bom e indica que o sistema foi bem operado. A fração de 25% para o material oxidado é o principal fator em termos econômicos relacionado com gastos energéticos.

Para comparar essas frações com os valores de um sistema de lodo ativado com digestor convencional adota-se a temperatura (27°C), a idade de lodo do sistema anaeróbio/aeróbio ($R_s = 9\text{ d}$) do experimento 6 e os valores de $f_{us} = 0,14$ e $f_{up} = 0,06$ (determinados, em pesquisas anteriores, para o esgoto de Campina Grande). Foram obtidos os seguintes resultados: fração da DQO no efluente $mS_{te} = 0,14$, fração da DQO oxidada $mS_o =$

0,59 e fração da DQO no lodo de excesso $mS_{xv} = 0,27$. Ao se aplicar a digestão anaeróbia para a fração ativa de lodo aeróbio ($f_a=0,5$) estima-se a fração digerível de lodo em 34 % (ARAÚJO *et al.*, 1998). Assim, a fração digerida $mS_d = 0,34 \cdot 0,27 = 0,09$ e a fração de lodo estabilizado $mS_x = 0,18$ foram estimadas neste estudo para um sistema de lodo ativado com digestor convencional. A Figura 6.1 apresenta as frações de DQO afluyente no sistema convencional e no sistema anaeróbio/aeróbio.

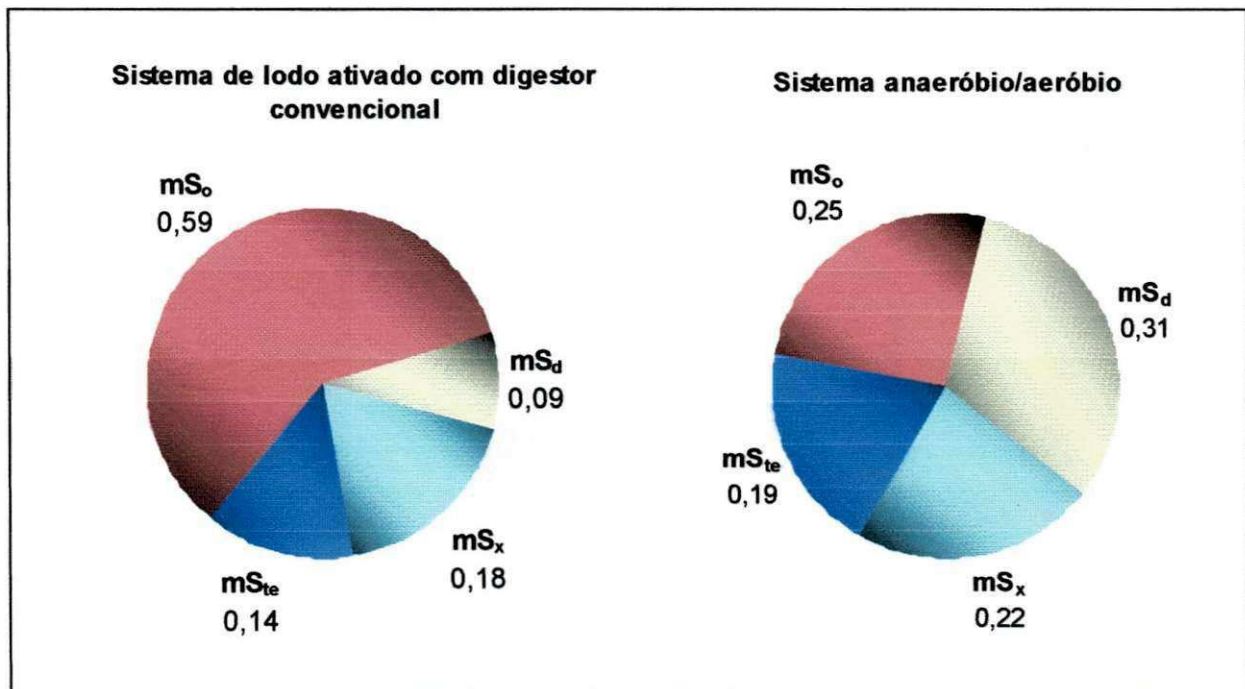


FIGURA 6.1 – FRAÇÕES DA DQO AFLUYENTE NO SISTEMA DE LODO ATIVADO COM DIGESTOR CONVENCIONAL (a) E NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO (b)

Os valores numéricos indicam que os dois sistemas produzem frações de DQO no efluente aproximadas, mS_{te} no sistema anaeróbio/aeróbio = 0,19 e mS_{te} no sistema convencional = 0,14 (o sistema anaeróbio/aeróbio remove 81 % da DQO afluyente e o sistema convencional remove 86 %). Por outro lado no sistema anaeróbio/aeróbio a fração digerida ($mS_d = 0,31$) é muito maior que no sistema convencional ($mS_d = 0,09$) e a fração da DQO oxidada no sistema anaeróbio/aeróbio ($mS_o = 0,25$) é muito menor que no sistema de lodo ativado com digestor convencional ($mS_o = 0,59$).

Pode ser demonstrado que o sistema anaeróbio/aeróbio é capaz de gerar energia em quantidade mais que suficiente para atender à demanda para a aeração, ao contrário do

sistema de lodo ativado com digestor convencional onde o potencial de produção de energia é insignificante. Na prática, a combustão de 1 kg de CH_4 produz 4,8 kWh e a transferência de 1 kg de O_2 requer \cong 1,0 kWh. Considerando que 4 kg de DQO produzem 1 kg de CH_4 , a digestão de 0,09 kg DQO (sistema convencional) produz 0,023 kg CH_4 que gera 0,11 kWh. No sistema convencional, o aproveitamento da energia do digestor contribuiria com somente 18,6 % (0,11/0,59) da energia necessária para a aeração. No sistema anaeróbio/aeróbio a digestão de 0,31 kg de DQO produz 0,078 kg de CH_4 que gera 0,37 kWh. No sistema anaeróbio/aeróbio a proporção entre geração e demanda de energia (0,37kWh/0,25kWh) é 1,48. Esse resultado confirma as expectativas de VAN HAANDEL & MARAIS (1999). A Tabela 6.1 apresenta a produção e o consumo de energia no sistema de lodo ativado com digestor convencional e no sistema anaeróbio/aeróbio, por unidade de massa de DQO no afluente.

TABELA 6.1 – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA E CONSUMO DE ENERGIA PARA A AERAÇÃO NO SISTEMA DE LODO ATIVADO COM DIGESTOR CONVENCIONAL DE LODO E NO SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO, POR UNIDADE DE MASSA DE DQO NO AFLUENTE.

SISTEMA DE LODO ATIVADO COM DIGESTOR CONVENCIONAL		SISTEMA ANAERÓBIO/AERÓBIO	
Potencial de produção de energia do digestor de lodo (kWh)	Consumo de energia para a aeração (kWh)	Potencial de produção de energia do UASB (kWh)	Consumo de energia para a aeração (kWh)
0,11	0,59	0,37	0,25

Uma comparação mais efetiva entre o sistema de lodo ativado com digestor convencional e o sistema anaeróbio/aeróbio nos aspectos totais (volume dos reatores, energia gasta, energia consumida, produção de lodo e custo total) só poderia ser realizada com precisão através de um processo de otimização. Para tal, a pesquisa do sistema anaeróbio/aeróbio deve ser conduzida com esta finalidade de tal forma que todos os parâmetros necessários à otimização sejam determinados, inclusive constantes de sedimentação e coeficientes cinéticos específicos. VAN HAANDEL & MARAIS (1999) apresentam toda a teoria de otimização para sistemas de lodo ativado com digestor convencional e para sistemas anaeróbio/aeróbio no tratamento secundário e terciário de águas residuárias com base na teoria desenvolvida por MARAIS e seus pesquisadores.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÕES

A análise dos resultados do sistema anaeróbio/aeróbio tratando esgoto doméstico durante um período de 3 anos permitiu concluir:

- O sistema anaeróbio/aeróbio tende a remover praticamente todo o material orgânico biodegradável. Na medida em que se reduz o tempo de permanência no reator UASB, a fração de matéria orgânica digerida diminui e aumenta a fração a ser tratada no sistema de lodo ativado;
- O reator UASB digerindo esgoto e lodo aeróbio tende a ter um equilíbrio estável a partir de um TDH de 6 a 8 h. Abaixo deste valor o lodo de excesso é instável e a eficiência de remoção de material orgânico é variável;
- Para a faixa de TDH de 6 a 8 h a digestão conjunta de lodo aeróbio e esgoto bruto não afeta sensivelmente o desempenho do reator UASB. Dessa forma, pode-se concluir que os dois substratos podem ser digeridos conjuntamente no referido reator;
- No sistema anaeróbio/aeróbio o UASB deve operar com TDH superior a 6 h a fim de que a expulsão de sólidos, comum em reatores UASB, seja mínima. Os sólidos expulsos do UASB são incorporados aos flocos de lodo aeróbio e sobrecarregam o sistema de lodo ativado;
- A remoção de DQO para TDH entre 2 e 8 h variou entre 45 e 73 % e a de DBO entre 55 e 72 %;

- Até um período de aproximadamente 6 meses de digestão conjunta de lodo aeróbio e esgoto os grânulos de lodo do UASB foram aumentando gradativamente. Após esse período os grânulos foram se desestabilizando até desaparecerem completamente do reator. No 3º ano de operação do UASB o lodo não tinha mais característica de um lodo anaeróbio e o seu aspecto era de um lodo desintegrado. Mesmo com esse lodo o UASB manteve uma eficiência, na remoção de material orgânico de esgoto bruto, em torno de 60 % e um comportamento estável;
- Para a idade de lodo do UASB de 14 dias a estabilidade do lodo de excesso do sistema anaeróbio/aeróbio variou entre 31 e 38% e para a idade de lodo de 28 dias foi de 13,9% em termos de redução de voláteis. Dessa forma é possível concluir que a idade de lodo do UASB de 14 dias é insuficiente para a operação do UASB no sistema anaeróbio/aeróbio;
- A eficiência de remoção de sólidos suspensos no sistema anaeróbio/aeróbio depende principalmente de dois fatores: (1) a qualidade do decantador como unidade de separação de fases e (2) a qualidade do lodo aeróbio em termos de sedimentabilidade. O último fator é nitidamente influenciado pelo TDH no reator UASB havendo descarga indevida quando este é muito curto (< 6h);
- A cinética de nitrificação é fortemente influenciada pelo pré-tratamento no reator UASB. A taxa máxima de crescimento específico de *Nitrosomonas* determinada para 25 ° C foi $\mu_m = 0,28 \text{ d}^{-1}$, o que é um valor muito inferior (2 a 4 vezes menor) ao valor do sistema de lodo ativado com digestor convencional. Como consequência a idade de lodo mínima para a nitrificação no sistema anaeróbio/aeróbio é 14,8 dias;
- A porcentagem de produção de nitrato no sistema de lodo ativado em relação à massa de NTK disponível à nitrificação no afluente, nos experimentos 8, 9 e 10 variou entre 2 e 31%, 17 e 27% e 7 e 68%, respectivamente. A pequena eficiência e a instabilidade da nitrificação no sistema de lodo ativado foi devida ao baixo valor de μ_{nm} e à perda de nitrogênio;
- A desnitrificação, em relação ao nitrato produzido, apresentou um bom desempenho e estabilidade no experimento 8, tendo a eficiência de remoção de nitrato variado entre 66 e 92% no reator anóxico 1 e entre 13 e 90% no reator anóxico 2. Neste reator, valores abaixo de 54% só ocorreram 2 vezes em 12

- amostras analisadas. No experimento 9 a eficiência de remoção de nitrato variou entre 51 e 91% no reator anóxico 1 e entre 49 e 93% no reator anóxico 2. No experimento 10 a desnitrificação foi muito variável nos reatores anóxico 1 e 2;
- O experimento 6 foi o experimento em que o sistema anaeróbio/aeróbio apresentou o melhor desempenho para a idade de lodo do sistema de lodo ativado entre 9 e 10 dias;
 - Nos experimentos 8, 9 e 10 (idade de 14,8 d para o sistema de lodo ativado) o sistema anaeróbio/aeróbio apresentou comportamento pouco variável em termos de remoção dos parâmetros físico-químicos e teve melhor desempenho do que no experimento 6;
 - As remoções de DQO, DBO, SST e SSV do experimento 6 no sistema anaeróbio/aeróbio foram 82, 83, 77 e 88%, respectivamente. Nos experimentos 8, 9 e 10 as remoções de DQO, DBO, SST, NTK e nitrogênio amoniacal variaram entre 90 e 92%, 95 e 97%, 86 e 87%, 93 e 94% e 94 e 97%, respectivamente. A remoção de SSV não variou nesses experimentos e foi de 89%;
 - As concentrações de DQO, DBO, SST e $N - NH_4^+$ do experimento 6 no efluente do sistema anaeróbio/aeróbio foram 128, 45, 73 e 31 $mg.l^{-1}$, respectivamente. Nos experimentos 8, 9 e 10 DQO variou entre 59 e 64 $mg.l^{-1}$, DBO entre 15 e 24 $mg.l^{-1}$, NTK entre 4,9 e 5,0 $mg.l^{-1}$, $N - NH_4^+$ entre 1,6 e 2,6 $mg.l^{-1}$ e $N - NO_3^-$ entre 1,6 e 5,0 $mg.l^{-1}$;
 - No sistema anaeróbio/aeróbio, operado com um reator UASB (60 l) e um sistema de lodo ativado (77 l), com um decantador e secundário (84 l), usando-se o reator UASB para tratar metade da vazão de 360 $l.d^{-1}$ de esgoto bruto e o lodo gerado no sistema de lodo ativado, foram observadas as seguintes frações da DQO afluente: (1) fração no efluente = 0,19; (2) fração no lodo estabilizado $mS_x = 0,22$; (3) fração oxidada $mS_o = 0,25$ e (4) fração digerida $mS_d = 0,31$;
 - Uma análise do sistema de lodo ativado com digestor convencional sob condições equivalentes prevê as seguintes frações: (1) fração no efluente = 0,14; (2) fração no

lodo estabilizado $mS_x = 0,18$; (3) fração oxidada $mS_o = 0,59$ e (4) fração digerida $mS_d = 0,09$;

- O sistema anaeróbio/aeróbio portanto é similar ao sistema convencional de lodo ativado no que concerne à qualidade do efluente e à produção de lodo, mas a fração da DQO digerida no sistema anaeróbio/aeróbio é muito maior e a fração da DQO oxidada é muito menor reduzindo-se assim os custos operacionais;
- Uma comparação mais aprimorada, que possa demonstrar a viabilidade técnica e econômica no seu aspecto global (volume, consumo de energia, capacidade de aeração, produção de lodo e custo total de construção, manutenção e operação) do tratamento anaeróbio/aeróbio só poderá ser realizada através de um processo de otimização (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1999);
- A otimização do sistema atual e a adequação para a remoção de nutrientes, poderá produzir um sistema econômico e eficiente com remoção de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e produção de um lodo com condições adequadas para disposição final.

7.2 RECOMENDAÇÕES

- Proceder a uma investigação no sistema anaeróbio/aeróbio sobre a inter-relação TDH – idade do lodo – estabilidade do lodo no reator UASB objetivando estabelecer limites para produção de lodo estável;
- Desenvolver uma pesquisa sobre o sistema anaeróbio/aeróbio, a partir dos resultados deste trabalho, procedendo às seguintes modificações: (1) minimização da aeração visando reduzir ou eliminar a perda de nitrogênio e (2) operar com idade de lodo longa a fim de obter alta eficiência de nitrificação;
- Proceder a uma investigação para avaliar a influência do sulfeto sobre a cinética de nitrificação.
- Desenvolver uma pesquisa para determinar a sedimentabilidade do lodo do sistema de lodo ativado no sistema anaeróbio/aeróbio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M. M.; VAN HAANDEL, A. C.; VON SPERLING, M.; CAMPOS, J. R.; CORAUCI, B.; ALÉM SOBRINHO, P. (1999). Tratamento de destino final de lodo gerado em reatores anaeróbios. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios e disposição controlada no solo**. PROSAB, p. 271-299.
- ALÉM SOBRINHO, P. (1983). **Estudo dos fatores que influem no desempenho do processo de lodo ativado – determinação de parâmetros de projeto para esgotos predominantemente domésticos**. Revista DAE, n 132, p. 49-85.
- ALÉM SOBRINHO, P.; GASI, T. M. T.; SILVA, S. J. A. (1993). **Desenvolvimento de uma nova concepção de sistema de tratamento (reator UASB e lagoa aerada) para esgotos sanitários com elevada parcela de carga orgânica industrial**. In: 17^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Natal, ABES, setembro. Anais. v.2, Tomo I, p. 222-243.
- APHA, AWWA, WPCF. (1980). **Standard methods for the examination of the water and wastewater**. 15th ed. American Public Health Association, Washington, D. C.
- _____. (1995). **Standard methods for the examination of the water and wastewater**. 19th ed. American Public Health Association, Washington, D. C.
- ARAÚJO, L. S.; CATUNDA, P. F. C. & VAN HAANDEL, A. (1998). **Biological sludge stabilization Parte 2: Influence of the composition of waste activated sludge on anaerobic stabilization**, Water SA, v.24, n.3, p. 231-236, July.
- BARNES, D.; BLISS, P. J. (1983). **Biological control of nitrogen in wastewater treatment**. London, E. & F. N. Spon. 146 p.
- BELSER, L. W. (1979). **Population ecology of nitrifying bacteria**. Annual reviews microbiology, 39, p. 309-333.
- BEZERRA, S. M. C. (1998). **Influência do tempo de detenção hidráulica sobre a auto-inoculação na partida de um reator UASB tratando esgoto sanitário**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 143 p.

BUCHAUER, K. A (1998). **A comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in effluents to waste - water and sludge treatment processes.** Water SA., n.24, v.1, p. 49-56.

CDMB (1995). **Póst-tratamiento del efluente del reactor UASB en filtro aeróbio.** In: SEMINARIO SOBRE POST-TRATAMIENTO DE ÁGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. Tunja, CORPORATION AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA.

CHERNICHARO, C. A. L. (1997). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – reatores anaeróbios.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA/UFMG, Belo Horizonte, v.5, 245 p.

CHERNICHARO, C. A. L.; VAN HAANDEL, A. C.; AISSE, M. M.; CAVALCANTI, P. F.F. (1999). **Reatores anaeróbios de manta de lodo.** In: **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo.** Rio de Janeiro, PROSAB. p.155-198.

CHERNICHARO, C. A. L.; VAN HAANDEL; CAVACANTI, P. F.F. (1999). **Controle operacional de reatores anaeróbios.** In: **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo.** Rio de Janeiro, PROSAB. p. 221-247.

COLLETI, F. J.; POLVINELLI, J.; DANIEL, L. A. (1997). **Pós-tratamento por lodos ativados de efluentes provenientes de processos anaeróbios de tratamento de esgoto sanitário: Determinação de constantes cinéticas.** In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Foz do Iguaçu, ABES. Anais.Tomo I, Trabalho técnico I-118, p. 660-670.

COURA, M. C.; CATUNDA, P. F. C.; VAN HAANDEL, A C. (1983). **O sistema de lodo ativado parte I: O estado estacionário.** In: 12º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Camboriú, ABES. Anais.

CYBIS, L. F. & PICKBRENNER, K. (2000). **Uso de reator seqüencial em batelada para pós-tratamento de efluentes de tratamento anaeróbio.** In: **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios.** Rio de Janeiro, PROSAB. Coletânea de trabalhos técnicos, v.1, p.157-164.

DILALLO, R. & ALBERTSON, O. E. **Volatile acids by direct titration.** Journal Water Pollution Control Federation. v.33, n.4, p.350-64.

EILERSEN, A. M.; HENZE, M.; KLOFT, L. (1994). **Effect of volatile fatty acids and trimethylamine on nitrification in activated sludge.** Water Research, v.28, p.1329 – 1336.

_____. (1995). **Effect of volatile fatty acids and trimethylamine on denitrification in activated sludge.** Water Research, v.29, n.5, p. 1259-1266.

EPA ENVIRONMENTAL REGULATIONS AND TECHNOLOGY (1992). **Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge.** U.S. Environmental Protection Agency, 151 p.

- FORESTI, E.; FLORÊNCIO, E.; HAANDEL, A. C.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F.F. (1999) Controle operacional de reatores anaeróbios. In: **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro, PROSAB. p. 29-52.
- FREIRE, V. O. (1999). **Avaliação do desempenho de um sistema combinado UASB- lodos ativados no tratamento de efluentes sanitários e modelagem do sistema de lodos ativados. Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais. 126 p.
- GONÇALVES, R. F.; ARAÚJO, V. L.; CHERNICHARO, C. A. (1997). **Tratamento secundário de esgoto sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos**. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Foz do Iguaçu, ABES, set. Anais. p. 450-461.
- HASKONING & EUROCONSULT (1990). **Monitoring report of the 5MLD UASB treatment plant at Kapur – Technical Report**, May 1990.
- HENZE, M., GRADY, C. P. L., GUJER, W.; MARAIS, G. v. R. and MATSUO, T. (1994). **Activated sludge, model nº 2 “Scientific and Technical Reports**, IAWPRC, London, England.
- _____. (1986). **Activated sludge, model nº 1 “Scientific and Technical Reports”**, IAWPRC, London, England.
- IWPC (1987). **Activated sludge. Manuals of british practice in water pollution control**. The Institute of Water Pollution Control, UK. 140 p.
- MARAIS, G. V. R. & EKAMA, G. A. (1976). **The activated sludge process: Steady state behavior**. Water SA, 2, p.163-200.
- MARCHETO, M.; CAMPOS, J. R. ; REALI, M. A. P. (2000). Remoção de nutrientes de reator anaeróbio utilizando reatores microaerado e com aeração intermitente seguidos de flotação por ar dissolvido. In: **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Rio de Janeiro, PROSAB. Coletânea de trabalhos técnicos, v. 1, p.165-171.
- METCALF & EDDY (1991). **Wastewater engineering – treatment, disposal and reuse**. 3. ed. McGraw-Hill, Inc., Singapore. 1334 p.
- MIRANDA, F. J. F.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. (2001). **Avaliação do comportamento do nitrogênio no sistema combinado UASB - lodos ativados**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. João Pessoa, ABES, Anais, Trabalho técnico II-182.
- ORTEGA, L. C.; NOYOLA, A. R.; SAVAL, S. B. (1997). **Efecto de lodos activados de purga sobre el funcionamiento de un reactor UASB piloto y las características del lecho de lodo granular**. Anais do XXV Congresso Panamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental, Tomo I, vol 2, p. 686-693, México DF.
- PAINTER, H. (1970). **A review of literature on inorganic nitrogen metabolisms in microorganisms**. Water Research, v.4, p. 393-450.

- RICHARD, M. (1991). **Activated sludge microbiology**. WCPF, EUA, 73 p.
- RINZEMA, A. (1989). **Anaerobic treatment of waste water with high concentrations of lipids or sulphate**. Tese de PhD, Universidade de Wageningen, Wageningen, Holanda.
- SAYED, S.K.I. (1987). **Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater using the UASB process**. Tese de PhD. Universidade de Wageningen, Wageningen, Holanda. 134 p.
- SHARMA, B.; AHLERT, R. C. (1976). **Nitrification and nitrogen removal**. Water Research, v.11, p. 897-925.
- SILVA, S. M. C.P. DA; ALÊM SOBRINHO, P. A.; JR., A. S. G. (1995). **Avaliação do sistema reator UASB e processo de lodos ativados para o tratamento de esgotos sanitários com elevada parcela de contribuição industrial**. In: 18^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Salvador, ABES.
- SOCKAL, R. R & ROLFH, F. J. (1981). **Biometry – The principles and practice of statistics in biological research**. 2nd edition. San Francisco, W. H. Freeman and Company, 859 p.
- SOUSA, J. T. (1996). **Pós - tratamento de efluente de reator anaeróbio de fluxo ascendente em reator anaeróbio seqüencial em batelada e coluna de lodo anaeróbio para desnitrificação**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP. 258 p.
- STANIER, R. Y.; INGRAHAM, J. L.; WHEELIS, M. L.; PAINTER, R.R. (1988). **General microbiology**. 5^a edition. Macmillan Education Ltda, Hong Kong, 689 p.
- VAN HAANDEL, A. C. & MARAIS, G. V. R. (1999). **O comportamento do sistema de lodo ativado**. Campina Grande, PB. 472 p.
- VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G. (1994). **Tratamento anaeróbio de esgotos: Um manual para regiões de clima quente**. Epgraf, Campina Grande, PB. 220 p.
- VAN HAANDEL, A. C. (1981). **Nitrification and denitrification kinetics in the activated sludge process**. Tese de PhD. University of Cape Town, África do Sul.
- VAN HAANDEL, A. C.; CATUNDA, P. F. C. (1982). **Determinação da taxa de consumo de oxigênio**. Revista Engenharia Sanitária, 21, 4, p. 481-488.
- VITORIA, J. A. R. (1993). **Nitrification de efluentes de reactor UASB en filtro aeróbio de baja tasa**. In: SEMINARIO SOBRE POST-TRATAMIENTO DE ÁGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. Tunja, CORPORATION AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, 1995.
- WATER RESEARCH COMISSION (1984). **Theory, design and operation of nutrient removal activated sludge processes**. Petroria, UNIVERSITY OF CAPE TOWN.
- WATER ENVIRONMENT FEDERATION (1987). **Activated sludge-Manual of practice OM- 9**, Alexandria, 182 p.

ZEEMAN, G. (1991). **Mesophilic and psychrophilic digestion of liquid manure**. Tese de PhD. Universidade de Wageningen, Wageningen, Holanda. 115 p.

LISTA ADICIONAL DE REFERÊNCIAS (*apud*)

BARNARD, J. L. (1973). **Biological denitrification**. *Water Pollution Control*, 76, 6, p. 705 - 720.

DOWING, A. L., PAINTER, H. A. & KNOWELES, G. (1964). **Nitrification in the activated sludge process**. *J. Proc. Int. Sew. Purif.*, 64, 2, p. 130 - 158.

GOLUEKE, C. G. (1958). **Temperature effects on anaerobic digestion of raw sewage sludge**. *Sewage Industrial Wastes*, 30, p. 1225 - 1232.

GUJER, W. (1977). **Design of nitrifying activated sludge process with the aid of dynamic simulation**. *Prog. Wat. Tech.*, 9, p. 323 - 336.

GUJER, W. & ZEHNDER, A. J. B. (1983). **Conversion processes in anaerobic digestion**. *Water Science and Technology*, 15, p. 127 - 167.

HENZE, M. & HARREMOES, P. (1983). **Anaerobic treatment of waste water in fixed film reactors - a literature review**. *Water Science and Technology*, 15, p. 1 - 101.

HUNGATE, R. E., SMITH, W., BAUCHOP, T., Yu, I. & RABINOWITZ, J. C. (1970). **Formate as an intermediate in the bovine rumen fermentation**. *Journal of Bacteriology*, 102, p. 389 - 397.

KAPP, H. (1984). **Schlammfäulung mit hohem Feststoffgehalt**. *Stugarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft*, Band 86. Oldenbourg Verlag, Munchen, 300 p.

LETTINGA, G., HULSHOFF POL, L. W., KOSTER, I. W., WIEGANT, W. M. DE ZEEUW, W. J. RINZENA, A., GRIN, P. C., ROERSMA, R. E. & HOBMA, S. W. (1984). **High - rate anaerobic waste - water treatment using the UASB reactor under a wide range of temperature conditions**. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 2, p. 253 - 284.

LETTINGA, G., HULSHOF POL, L. W. & ZEEMAN, G. (1996). **Biological wastewater treatment**. Lecture-notes. Wageningen Agricultural University, ed. January.

LIJKELMA, L. (1973). **Model for nitrification in activated sludge process**. *Environment Science and Technology*, 7, 5, p. 428.

LIN, K. W. PATTERSON, J. A. & LADISCH, M. R. (1985). **Anaerobic fermentation microbes from ruminants**. *Enzyme Microbiology Technology*, 7, p. 98 - 107.

MALINA, Jr. J. F. (1961). **The effect temperature on high rate digestion of activated sludge**. In: *Proceedings 16th Industrial Waste Conference*. Purdue University, Purdue, U.S.A., p. 232 - 250.

MCINERNEY, M. J., BRYANT, M. P., HESPELL, R. B. & COSTERTON, J. W. (1981). ***Syntrophomonas wolfei*. gen. nov. sp. nov., an anaerobic syntrophic fatty acid – oxidizing bacterium.** Applied Environment Microbiology, 41, p. 1029 – 1039.

O' ROUKE, J. T. (1968). **Kinectics of anaerobic treatment at reduced temperatures.** PhD Thesis, University of Stanford, California, U.S.A.

PFEFFER, J. T. (1974). **Temperature effects on anaerobic fermentation of domestic refuse.** Biotechnology & Bioengineering, 16, p. 771 –787.

SPEECE, R. E. *et al.* (1986). **Anaerobic treatment, a grown – up technology.** Proc.EWPCA Conf. September, Amsterdam, 205 p.

WUHRMANN, K. (1964). **Nitrogen removal in sewage treatment processes.** Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 15. (em alemão).

ZEHNDER, A. J. B., INGVORSEN , K. & MARTI, T. (1982). **Microbiology of methane bacteria.** In: Anaerobic digestion 1981. Hughes, D. E. *et al.* (Eds). Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, The Netherlands, p. 45 – 68.

ANEXOS

TABELA AE 1.1 – TEMPERATURA (T), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH), DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO), ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV), TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 1 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	T (°C)			pH			DQO (mg.ℓ ⁻¹)			AB (mgCaCO ₃ /ℓ)			AAGV (mgCaCO ₃ /ℓ)			TCO (mg.ℓ ⁻¹ h ⁻¹)
	EB	UASB	DEC	EB	UASB	DEC	EB	UASB	DEC	EB _F	UASB _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	DEC _F	AER
28/07/97	25,0	23,0	23	7,2	7,0	7,4	316	90	139	297	289	268	53	23	11	29
29/07/97	24,0	–	–	7,4	7,3	7,7	248	167	140	304	243	256	47	21	21	30
30/07/97	25,0	–	–	7,3	6,8	7,5	254	142	100	308	287	280	42	23	25	29
01/08/97	–	–	–	7,3	–	–	492	–	150	307	–	–	38	–	–	32
04/08/97	23,0	22,0	22	7,3	7,3	7,7	468	208	79	310	258	288	43	21	15	24
05/08/97	24,0	22,0	22	7,4	7,4	7,5	561	59	94	277	264	258	45	25	23	24
06/08/97	24,0	23,0	22	7,6	6,9	7,5	304	77	54	270	260	244	25	25	27	24
07/08/97	24,0	23,0	21	7,6	6,9	7,5	531	285	131	305	289	264	42	18	15	30
08/08/97	24,0	22,0	22	7,4	6,8	7,4	554	142	108	319	296	303	42	18	15	30
11/08/97	25,0	–	–	7,6	–	7,9	601	213	228	346	302	235	50	29	12	32
12/08/97	29,0	–	–	7,5	7,7	8,0	604	103	167	328	285	237	57	17	25	24
13/08/97	25,0	24,0	22	7,5	7,0	7,6	538	119	100	319	290	302	50	25	13	24
14/08/97	24,0	22,0	21	7,6	7,0	7,5	546	142	146	320	278	292	49	25	12	23
15/08/97	23,0	22,0	20	7,5	6,9	7,6	650	181	100	305	258	274	49	32	24	21
Média ⁽¹⁾	25,0	23,0	22,0	7,4	7,1	7,6	476,0	148,0	124,0	308,0	277,0	269,0	45,0	23,0	18,0	27,0
Mínimo ⁽¹⁾	23,0	22,0	20,0	7,2	6,8	7,4	248,0	59,0	54,0	270,0	243,0	235,0	25,0	17,0	11,0	21,0
Máximo ⁽¹⁾	29,0	24,0	23,0	7,6	7,7	8,0	650,0	285,0	228,0	346,0	302,0	303,0	57,0	32,0	27,0	32,0
DP ⁽¹⁾	1,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,2	137,0	62,8	43,1	19,2	18,1	23,1	7,7	4,3	5,9	3,7
CV (%) ⁽¹⁾	6,1	3,2	4,0	1,8	3,9	2,4	28,8	42,4	34,8	6,2	6,5	8,6	17,1	18,7	32,3	13,9
n ⁽¹⁾	13	9	9	14	12	13	14	13	14	14	13	13	14	13	13	14

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AER = Reator aeróbio

4. DEC = Decantador

5. F = Amostra filtrada

TABELA AE 1.2 – CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 1

DATA	P1			P2			P3			P4		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
19/11/97	41 710	21 557	20 153	30 483	11 770	18 713	16 915	7 826	9 088	898	623	275
29/07/97	58 939	30 132	28 807	33 142	12 476	20 666	12 420	6 352	6 068	14 607	5 314	9 293
05/08/97	55 265	23 602	31 664	30 438	11 599	18 839	23 015	13 126	9 889	792	585	207
12/08/97	52 036	31 135	20 902	35 878	14 314	21 564	18 459	7 159	11 300	799	578	221
19/08/97	62 719	26 528	36 191	36 110	14 935	21 175	33 093	16 132	16 961	644	567	77

NOTAS: 1. Neste experimento não houve descarga de lodo de excesso do UASB.

2. O lodo do reator aeróbio não foi descartado no UASB.

3. A concentração de sólidos é expressa em $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$.

TABELA AE 2.1 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH), TEMPERATURA (T) E ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) NO EXPERIMENTO 2 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	PH				T (°C)				AB (mg C _a CO ₃).ℓ ⁻¹			
	EB	UASB	AER	DEC	EB	UASB	AER	DEC	EB _F	UASB _F	AER	DEC _F
01/12/97	7,2	7,1	7,5	7,6	28	30	27	25	275	262	234	246
02/12/97	7,4	7,0	7,5	7,6	29	31	27	25	449	346	329	363
03/12/97	7,1	6,9	7,4	7,4	30	30	27	26	457	411	351	390
04/12/97	7,0	7,0	7,5	7,5	30	-	28	27	410	493	-	390
05/12/97	7,2	7,0	7,4	7,6	29	32	27	26	489	443	-	402
08/12/97	7,2	7,3	7,6	7,4	29	-	26	25	464	412	-	368
09/12/97	6,9	7,3	7,5	7,6	30	29	-	25	452	579	-	427
10/12/97	7,0	7,7	-	7,6	29	29	-	25	487	536	450	431
11/12/97	7,1	7,3	7,7	7,7	-	-	-	-	494	534	460	441
12/12/97	7,3	7,2	7,4	7,8	29	27	29	25	475	546	472	449
15/12/97	7,1	6,9	7,3	7,6	30	26	26	24	504	483	472	429
16/12/97	7,1	7,1	7,5	7,6	30	28	28	26	485	396	456	384
17/12/97	7,1	7,6	7,4	7,4	29	26	27	24	470	400	355	394
Média ⁽¹⁾	7,1	7,2	7,5	7,6	29,0	29,0	27,0	25,0	455,0	449,0	398,0	393,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,9	6,9	7,3	7,4	28,0	26,0	26,0	24,0	275,0	262,0	234,0	246,0
Máximo ⁽¹⁾	7,4	7,7	7,7	7,8	30,0	32,0	29,0	27,0	504,0	579,0	472,0	449,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,1	0,3	0,1	0,1	0,7	2,0	0,9	0,9	59,3	90,3	84,1	52,2
CV (%) ⁽¹⁾	1,8	3,5	1,4	1,6	2,2	7,1	3,4	3,4	13,0	20,1	21,1	13,3
n ⁽¹⁾	13	13	12	13	12	10	10	12	13	13	9	13

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AER = Reator aeróbio

4. DEC = Decantador

5. F = Amostra filtrada

TABELA AE 2.2 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO), SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), ALCALINIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV); TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS NO EXPERIMENTO 2

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)			SST (mg.ℓ ⁻¹)	SSF (mg.ℓ ⁻¹)	SSV (mg.ℓ ⁻¹)	AAGV (mg CaCO ₃).ℓ ⁻¹				TCO (mg CaCO ₃).ℓ ⁻¹ h ⁻¹	Sd (mℓ.ℓ ⁻¹)
	EB	UASB	DEC	AER	AER	AER	EB _F	UASB _F	AER _F	DEC _F	AER	AER
01/12/97	885	922	97	1 121	298	823	67	23	19	15	90	400
02/12/97	541	807	104	860	187	673	57	22	20	17	96	400
03/12/97	799	–	90	792	138	654	69	22	20	13	90	410
04/12/97	703	316	113	784	234	550	84	34	–	25	90	330
05/12/97	772	191	116	1 042	137	905	71	18	–	15	101	550
08/12/97	869	142	142	764	144	620	76	27	–	20	60	200
09/12/97	918	302	138	775	130	645	77	25	–	17	80	250
10/12/97	659	247	99	1 138	374	764	64	34	37	20	75	420
11/12/97	716	273	116	1 302	388	914	76	34	30	27	71	320
12/12/97	670	246	58	1 625	448	1 177	79	32	39	27	–	320
15/12/97	815	163	89	1 437	489	948	71	34	44	22	64	450
16/12/97	703	200	159	1 475	293	1 182	74	30	30	18	48	650
17/12/97	724	280	125	1 293	406	887	71	25	22	15	72	–
Média ⁽¹⁾	752,0	341,0	111,0	1 108,0	282,0	826,0	72,0	28,0	29,0	19,0	78,0	392,0
Mínimo ⁽¹⁾	541,0	142,0	58,0	764,0	130,0	550,0	57,0	18,0	19,0	13,0	48,0	200,0
Máximo ⁽¹⁾	918,0	922,0	159,0	1 625,0	489,0	1 182,0	84,0	34,0	44,0	27,0	101,0	650,0
Desvpad ⁽¹⁾	105,0	251,7	26,4	300,4	129,5	202,2	7,0	5,6	9,4	4,7	16,0	123,3
CV(%) ⁽¹⁾	14,0	73,9	23,7	27,1	45,9	24,5	9,7	20,3	32,3	24,4	20,4	31,5
n ⁽¹⁾	13	12	13	13	13	13	13	13	9	13	12	12

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AER = Reator aeróbio

4. DEC = Decantador

5. F = Amostra filtrada

TABELA AE 2.3 – CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 2

DATA	P1			P2			P3			P4		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
19/11/97	56 511	21 395	35 116	48 346	17 001	31 345	22 966	8 143	14 823	17 138	11 439	5 699
26/11/97	57 604	24 912	32 692	59 411	22 907	36 504	19 710	6 692	13 018	14 389	4 910	9 479
03/12/97	56 452	20 140	36 311	55 559	21 670	33 889	14 270	4 253	10 017	1 157	637	520
10/12/97	57 388	20 749	36 639	48 271	15 970	32 301	23 897	7 434	16 463	1 476	855	621
17/12/97	41 031	15 093	25 938	58 428	17 930	40 498	16 483	5 092	11 390	1 130	783	347

NOTAS: 1. O início da descarga do lodo de excesso do reator aeróbio no UASB ocorreu em 19/11 após a coleta de amostra nos pontos P1, P2, P3 e P4;

2. As descargas de lodo do UASB eram até o ponto P3.

3. A concentração de sólidos é expressa em $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$.

TABELA AE 2.4 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 2 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	PH					T (°C)				
	P1	P2	P3	P4	Média	P1	P2	P3	P4	Média
19/11/97	6,7	6,6	6,7	6,7	6,7	–	–	–	–	–
26/11/97	6,8	6,7	6,8	6,8	6,8	27	26	26	26	26
03/12/97	6,7	6,7	6,6	6,7	6,7	28	27	27	27	27
10/12/97	6,7	6,4	6,5	6,6	6,6	27	27	26	25	26
17/12/97	6,7	6,7	6,7	6,9	6,8	28	27	27	27	27
Média ⁽¹⁾	6,7	6,6	6,7	6,7	6,7	28,0	27,0	27,0	26,0	27,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,7	6,4	6,5	6,6	6,6	27,0	26,0	26,0	25,0	26,0
Máximo ⁽¹⁾	6,8	6,7	6,8	6,9	6,8	28,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,5	0,6	1,0	0,6
CV(%) ⁽¹⁾	0,7	2,0	1,7	1,7	1,3	2,1	1,9	2,2	3,6	2,2
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 3.1 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH), TEMPERATURA (T), ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS (AAGV) VOLÁTEIS NO EXPERIMENTO 3 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH				T (°C)				AB (mg CaCO ₃).ℓ ⁻¹				AAGV (mg CaCO ₃) .ℓ ⁻¹			
	EB	UASB	AER	DEC	EB	UASB	AER	DEC	EB _F	UASB _F	AER _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AER _F	DEC _F
17/02/98	7,0	6,7	7,3	7,6	29	26	26	26	213	182	234	212	111	68	113	50
18/02/98	7,4	7,0	7,5	7,6	29	26	26	25	254	218	222	238	43	35	37	35
19/02/98	7,0	6,7	7,3	7,3	29	27	26	25	244	220	225	227	66	29	27	27
20/02/98	7,2	7,0	7,5	7,7	29	26	25	25	222	199	217	230	74	49	35	39
25/02/98	7,0	6,8	7,4	7,4	29	27	26	26	209	200	213	206	56	47	39	39
27/02/98	7,1	7,1	7,5	7,7	29	27	26	25	257	226	205	218	91	47	49	35
02/03/98	6,7	7,2	7,4	7,3	28	26	26	26	134	199	212	230	43	39	49	39
03/03/98	7,1	7,0	7,3	7,2	29	27	27	26	223	179	187	213	70	64	72	62
04/03/98	7,1	6,8	7,3	7,4	29	25	26	25	252	198	204	224	95	52	47	39
05/03/98	7,1	6,9	7,5	7,5	29	25	25	25	255	319	238	218	107	80	58	50
06/03/98	7,1	–	7,6	7,7	30	27	25	25	250	249	235	259	107	43	41	33
Média ⁽¹⁾	7,1	6,9	7,4	7,5	29,0	26,0	26,0	25,0	228,0	217,0	217,0	225,0	78,0	50,0	52,0	41,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,7	6,7	7,3	7,2	28,0	25,0	25,0	25,0	134,0	179,0	187,0	206,0	43,0	29,0	27,0	27,0
Máximo ⁽¹⁾	7,4	7,2	7,6	7,7	30,0	27,0	27,0	26,0	257,0	319,0	238,0	259,0	111,0	80,0	113,0	62,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,8	0,6	0,5	36,1	39,4	15,5	14,7	25,3	15,1	23,7	9,7
CV(%) ⁽¹⁾	2,4	2,4	1,5	2,4	1,5	3,0	2,3	2,0	15,8	18,1	7,1	6,5	32,2	30,0	46,0	23,9
n ⁽¹⁾	11	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AER = Reator aeróbio

4. DEC = Decantador

5. F = Amostra filtrada

TABELA AE 3.2 – SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV) COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)				SSF (mg.ℓ ⁻¹)				SSV (mg.ℓ ⁻¹)			
	EB	UASB	AER	DEC	EB	UASB	AER	DEC	EB	UASB	AER	DEC
17/02/98	822	208	2 730	226	374	112	676	150	448	96	2054	76
18/02/98	472	282	3 014	316	266	186	796	224	206	96	2218	92
19/02/98	–	294	2 996	286	–	184	692	182	–	110	2304	104
20/02/98	386	242	3 322	244	208	148	938	146	178	94	2384	98
25/02/98	424	292	3 400	316	250	186	1 236	226	174	106	2164	90
27/02/98	470	382	3 256	344	224	214	1 004	222	246	168	2252	122
02/03/98	622	266	2 596	286	268	134	780	188	354	132	1816	98
03/03/98	334	278	2 650	282	128	166	692	156	206	112	1958	126
04/03/98	700	278	2 054	298	356	208	540	238	344	70	1514	60
05/03/98	440	314	1 820	282	182	186	598	198	258	128	1222	84
06/03/98	368	260	1 506	220	142	130	398	128	226	130	1108	92
Média ⁽¹⁾	504,0	281,0	2 668,0	282,0	240,0	169,0	759,0	187,0	264,0	113,0	1 909,0	95,0
Mínimo ⁽¹⁾	334,0	208,0	1 506,0	220,0	128,0	112,0	398,0	128,0	174,0	70,0	1 108,0	60,0
Máximo ⁽¹⁾	822,0	382,0	3 400,0	344,0	374,0	214,0	1 236,0	238,0	448,0	168,0	2 384,0	126,0
Desvpad ⁽¹⁾	159,0	43,7	631,8	38,6	81,5	33,3	232,7	37,9	89,7	26,0	442,9	18,8
CV(%) ⁽¹⁾	31,6	15,5	23,7	13,7	34,0	19,7	30,7	20,3	34,0	23,0	23,2	19,9
n ⁽¹⁾	10	11	11	11	10	11	11	11	10	11	11	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AER = Reator aeróbio

4. DEC = Decantador

TABELA AE 3.3 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) e TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 3 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)				Sd (mℓ.ℓ ⁻¹)			TCO (mg.O.ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)	
	EB	UASB	DEC	DEC _F	EB	UASB	AER	AER	
17/02/98	909	106	49	27	1,8	0,3	600	63	
18/02/98	529	191	129	96	2,5	0,8	800	40	
19/02/98	481	141	115	26	1,2	0,3	750	60	
20/02/98	–	–	–	–	2,0	0,2	650	38	
25/02/98	385	133	67	52	0,6	0,2	730	53	
27/02/98	477	114	38	15	2,5	1,2	800	70	
02/03/98	444	120	29	7	3,5	0,8	880	61	
03/03/98	389	118	88	44	4,5	2,5	850	90	
04/03/98	439	139	82	53	3,0	0,1	800	71	
05/03/98	523	164	85	36	5,0	0,4	620	66	
06/03/98	493	153	49	11	6,0	0,5	550	66	
Média ⁽¹⁾	507,0	138,0	73,0	37,0	3,0	0,7	730,0	62,0	
Mínimo ⁽¹⁾	385,0	106,0	29,0	7,0	0,6	0,1	550,0	38,0	
Máximo ⁽¹⁾	909,0	191,0	129,0	96,0	6,0	2,5	880,0	90,0	
Desvpad ⁽¹⁾	149,6	26,0	32,8	26,4	1,7	0,7	109,0	14,5	
CV(%) ⁽¹⁾	29,5	18,8	44,9	72,0	55,9	104,5	15,0	23,5	
n ⁽¹⁾	10	10	10	10	11	11	11	11	

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto
 2. UASB = Reator UASB
 3. AER = Reator aeróbio

4. DEC = Decantador
 5. F = Amostra filtrada

TABELA AE 3.4 – CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SUAS PARCELAS FIXA E VOLÁTIL NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 3

DATA	P1			P2			P3			P4		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
11/02/98	58 972	26 728	32 243	56 689	25 436	31 253	50 087	21 830	28 256	16 063	5 657	10 406
18/02/98	62 350	24 854	37 496	63 025	23 503	39 523	20 192	6 331	13 862	945	707	238
25/02/98	47 533	20 302	27 230	50 044	21 312	28 732	22 811	7 384	15 428	6 500	1 996	4 504
04/03/98	52 925	18 443	34 483	53 525	18 365	35 159	59 760	19 102	40 658	10 260	3 287	6 973

NOTA: As descargas de lodo do UASB eram até o ponto P3 e a concentração de sólidos é expressa em mg.l^{-1} .

TABELA AE 3.5 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 3 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH					T (°C)				
	P1	P2	P3	P4	Média	P1	P2	P3	P4	Média
11/02/98	6,8	6,8	7,0	7,1	6,9	26	27	27	28	27
18/02/98	6,8	6,9	6,8	6,6	6,8	26	26	26	26	26
25/02/98	6,8	6,6	6,7	6,7	6,7	27	27	27	27	27
04/03/98	6,7	6,7	6,6	6,6	6,7	28	27	27	27	27
Média ⁽¹⁾	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,7	6,6	6,6	6,6	6,7	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Máximo ⁽¹⁾	6,8	6,9	7,0	7,1	6,9	28,0	27,0	27,0	28,0	27,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	1,0	0,5	0,5	0,8	0,6
CV(%) ⁽¹⁾	0,7	1,9	2,5	3,5	1,8	3,6	1,9	1,9	3,0	2,1
n ⁽¹⁾	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

(1) Valores Descritivos

TABELA AE 4.1 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH							T (°C)						
	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	AN2	DEC
06/05/98	7,2	6,8	7,0	–	7,3	–	7,4	29	27	28	–	26	–	25
11/05/98	7,2	6,9	7,1	7,2	7,2	7,1	7,2	27	25	26	24	24	25	24
13/05/98	7,2	6,9	7,1	7,3	7,4	7,4	7,5	27	25	26	25	25	25	25
18/05/98	7,4	7,0	7,2	7,2	7,3	7,2	7,3	27	27	27	25	25	25	25
20/05/98	7,4	7,1	7,3	7,4	7,5	7,5	7,2	25	24	25	24	24	24	23
22/05/98	7,2	6,8	7,0	7,1	7,2	7,2	7,2	28	24	26	25	25	25	24
27/05/98	7,3	7,1	7,2	7,2	7,3	7,2	7,4	27	24	26	24	24	23	23
29/05/98	7,6	7,2	7,4	7,3	7,4	7,4	7,6	26	24	25	24	24	24	24
03/06/98	7,6	7,1	7,4	7,5	7,5	7,4	7,4	28	24	26	24	23	23	23
05/06/98	7,3	6,9	7,1	7,2	7,4	7,3	7,4	25	24	25	23	23	23	23
10/06/98	7,2	6,8	7,0	6,9	7,2	7,0	7,3	26	24	25	24	24	24	24
Média ⁽¹⁾	7,3	7,0	7,2	7,2	7,3	7,3	7,4	27,0	25,0	26,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Mínimo ⁽¹⁾	7,2	6,8	7,0	6,9	7,2	7,0	7,2	25,0	24,0	25,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Máximo ⁽¹⁾	7,6	7,2	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6	29,0	27,0	28,0	25,0	26,0	25,0	25,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	1,3	1,2	0,9	0,6	0,9	0,9	0,8
CV(% ⁽¹⁾)	2,1	2,1	2,1	2,3	1,5	2,2	1,8	4,7	4,8	3,6	2,6	3,7	3,6	3,5
n ⁽¹⁾	11	11	11	10	11	10	11	11	11	11	10	11	10	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

TABELA AE 4.2 – ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	AB (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)							AAGV (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
06/05/98	233	210	222	–	232	–	220	64	52	58	–	24	–	20
11/05/98	246	211	229	214	234	194	210	68	53	61	50	26	46	24
13/05/98	204	206	205	212	208	187	195	60	50	40	48	40	48	40
18/05/98	297	266	282	133	216	191	206	68	56	62	32	40	40	54
20/05/98	237	193	215	191	199	195	199	64	56	60	58	50	54	58
22/05/98	284	201	243	199	199	210	203	70	60	65	50	58	56	58
27/05/98	268	246	257	233	196	238	247	60	40	50	50	36	44	40
29/05/98	239	210	225	218	197	217	224	60	56	58	56	52	40	42
03/06/98	291	214	253	215	193	210	193	80	60	70	63	56	60	56
05/06/98	240	231	236	233	222	232	239	70	60	65	58	60	50	56
10/06/98	235	187	211	205	188	188	213	64	50	57	40	38	44	40
Média ⁽¹⁾	252,0	216,0	234,0	205,0	208,0	206,0	214,0	66,0	54,0	59,0	51,0	44,0	48,0	44,0
Mínimo ⁽¹⁾	204,0	187,0	205,0	133,0	188,0	187,0	193,0	60,0	40,0	40,0	32,0	24,0	40,0	20,0
Máximo ⁽¹⁾	297,0	266,0	282,0	233,0	234,0	238,0	247,0	80,0	60,0	70,0	63,0	60,0	60,0	58,0
Desvpad ⁽¹⁾	28,9	23,3	22,9	28,6	16,0	18,3	17,5	6,0	5,9	8,1	9,2	12,5	6,8	13,4
CV(%) ⁽¹⁾	11,5	10,8	9,8	14,0	7,7	8,9	8,2	9,0	11,0	13,8	18,2	28,5	14,0	30,3
n ⁽¹⁾	11	11	11	10	11	10	11	11	11	11	10	11	10	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada;

TABELA AE 4.3 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E NITROGÊNIO AMONICAL NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)					NITROGÊNIO AMONICAL (mg N.ℓ ⁻¹)						
	EB	UASB	AFLA	DEC	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
06/05/98	310	170	240	118	38	36	19	28	–	25	–	19
11/05/98	432	216	324	131	54	–	–	–	–	–	–	–
13/05/98	377	173	275	115	64	24	17	21	24	23	22	21
18/05/98	442	252	347	136	66	48	34	41	31	31	25	21
20/05/98	310	163	237	110	87	39	20	30	24	24	24	24
22/05/98	368	137	253	98	39	43	20	32	–	–	–	24
27/05/98	338	235	287	46	15	40	22	31	–	–	–	23
29/05/98	208	190	199	75	56	34	20	27	–	–	–	23
03/06/98	534	178	356	89	56	48	25	37	–	–	–	24
05/06/98	326	237	282	104	96	38	28	33	–	–	–	28
10/06/98	238	185	212	100	59	31	17	24	–	–	–	19
Média ⁽¹⁾	353,0	194,0	274,0	102,0	57,0	38,0	22,0	30,0	26,0	26,0	24,0	23,0
Mínimo ⁽¹⁾	208,0	137,0	199,0	46,0	15,0	24,0	17,0	21,0	24,0	23,0	22,0	19,0
Máximo ⁽¹⁾	534,0	252,0	356,0	136,0	96,0	48,0	34,0	41,0	31,0	31,0	25,0	28,0
Desvpad ⁽¹⁾	93,1	36,0	52,2	25,6	22,4	7,4	5,4	5,9	4,0	3,6	1,5	2,7
CV(%) ⁽¹⁾	26,4	18,5	19,1	25,1	39,1	19,5	24,2	19,4	15,3	14,0	6,5	12,0
n ⁽¹⁾	11	11	11	11	11	10	10	10	3	4	3	10

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada;

TABELA AE 4.4 – SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)							SSF (mg.ℓ ⁻¹)						
	EB	UASB	AFLA	ANI	LM	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	ANI	LM	AN2	DEC
06/05/98	310	236	273	–	4 086	–	318	180	150	165	–	920	–	170
11/05/98	590	434	512	5 050	5 196	5 112	284	366	308	337	1 226	1 282	1 222	208
13/05/98	416	378	397	6 356	6 922	6 564	692	210	288	249	1 526	1 772	1 560	522
18/05/98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20/05/98	338	272	305	8 444	8 440	7 786	276	184	146	165	2 290	2 500	2 528	180
22/05/98	244	192	218	7 136	7 302	6 918	236	100	142	121	1 814	1 868	1 732	124
27/05/98	310	206	258	8 986	8 290	8 300	230	220	158	189	1 964	1 984	1 834	194
29/05/98	266	182	224	6 732	7 214	7 032	18	164	120	142	1 654	1 844	1 724	–
03/06/98	458	266	362	7 304	7 310	7 284	28	188	184	186	1 616	1 710	1 774	–
05/06/98	264	252	258	7 370	7 094	7 560	216	140	154	147	1 822	2 166	2 160	134
10/06/98	198	120	159	6 994	7 050	6 674	152	132	92	112	2 184	1 860	1 816	106
Média ⁽¹⁾	339,0	254,0	297	7 152,0	6 890,0	7 026,0	245,0	188,0	174,0	181,0	1 788,0	1 791,0	1 817,0	205,0
Mínimo ⁽¹⁾	198,0	120,0	159	5 050,0	4 086,0	5 112,0	18,0	100,0	92,0	112,0	1 226,0	920,0	1 222,0	106,0
Máximo ⁽¹⁾	590,0	434,0	512	8 986,0	8 440,0	8 300,0	692,0	366,0	308,0	337,0	2 290,0	2 500,0	2 528,0	522,0
Desvpad ⁽¹⁾	117,7	93,0	102,6	1 137,8	1 317,1	905,9	187,4	72,3	69,7	67,2	330,5	437,0	364,2	133,0
CV(%) ⁽¹⁾	34,7	36,6	34,6	15,9	19,1	12,9	76,5	38,4	40,0	37,0	18,5	24,4	20,0	65,0
n ⁽¹⁾	10	10	10	9	10	9	10	10	10	10	9	10	9	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

TABELA AE 4.5 – SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SSV (mg.ℓ ⁻¹)							Sd (mg.ℓ ⁻¹)					TCO (mgO ₂ .ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AER	DEC	AER
06/05/98	130	86	108	–	3 166	–	148	4,0	0,1	2,1	850	1,0	89
11/05/98	224	126	175	3 824	3 914	3 890	76	–	–	–	–	–	–
13/05/98	206	90	148	4 830	5 150	5 004	170	4,5	0,1	2,3	850	0,1	–
18/05/98	–	–	–	–	–	–	–	3,0	0,2	1,6	850	0,1	–
20/05/98	154	126	140	6 154	5 940	5 528	96	5,5	0,0	2,8	900	0,1	101
22/05/98	144	50	97	5 322	5 434	5 186	112	3,0	0,2	1,6	850	0,0	103
27/05/98	90	48	69	7 022	6 306	6 466	36	3,5	0,1	1,8	900	0,0	65
29/05/98	102	62	82	5 078	5 370	5 308	28	–	0,0	–	850	0,0	77
03/06/98	270	82	176	5 688	5 600	5 510	46	5,0	0,1	2,6	880	0,0	90
05/06/98	124	98	111	5 548	4 928	5 400	82	1,7	0,0	0,9	950	0,0	89
10/06/98	66	28	47	4 810	5 190	4 858	46	2,8	0,0	1,4	840	0,0	–
Média ⁽¹⁾	151,0	80,0	115,0	5 364,0	5 100,0	5 239,0	84,0	3,7	0,1	1,9	872,0	0,1	88,0
Mínimo ⁽¹⁾	66,0	28,0	47,0	3 824,0	3 166,0	3 890,0	28,0	1,7	0,0	0,9	840,0	0,0	65,0
Máximo ⁽¹⁾	270,0	126,0	176,0	7 022,0	6 306,0	6 466,0	170,0	5,5	0,2	2,8	950,0	1,0	103,0
Desvpad ⁽¹⁾	64,2	32,7	43,8	905,5	929,9	681,6	48,1	1,2	0,1	0,6	35,2	0,3	13,2
CV(%) ⁽¹⁾	42,5	41,1	38,0	16,9	18,2	13,0	57,3	32,7	98,6	31,9	4,0	237,9	15,1
n ⁽¹⁾	10	10	10	9	10	9	10	9	10	9	10	10	7

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

TABELA AE 4.6 – CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 4

DATA	P1			P2			P3			P4		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
06/05/98	106 950	28 116	78 834	39 562	12 108	27 454	14 844	4 686	10 158	1 094	834	260
13/05/98	82 220	27 344	54 876	30 156	9 396	20 760	12 886	3 774	9 112	12 652	3 734	8 918
20/05/98	110 412	25 220	85 192	17 684	5 284	12 400	11 808	3 244	8 564	11 690	3 410	8 280
27/05/98	47 612	16 686	30 926	49 808	15 056	34 752	12 522	3 250	9 272	10 436	2 738	7 698
03/06/98	48 368	17 474	30 894	23 954	4 550	19 404	11 302	2 934	8 368	11 684	2 896	8 788
10/06/98	35 064	8 804	26 260	33 218	10 956	22 262	1 268	906	362	1 238	914	324

NOTA:- O início da descarga do lodo de excesso do reator aeróbio no UASB ocorreu em 06/05 após a coleta de amostra nos pontos P1,P2, P3 e P4; as descargas de lodo do UASB eram até o ponto P2 e a concentração de sólidos é expressa em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

TABELA AE 4.7 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 4 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH					T (°C)				
	P1	P2	P3	P4	Média	P1	P2	P3	P4	Média
06/05/98	6,8	6,7	6,8	6,9	6,8	30	29	29	29	29
13/05/98	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	26	26	26	27	26
20/05/98	6,8	6,9	6,9	7,0	6,9	26	26	26	26	26
27/03/98	6,6	6,5	6,8	6,7	6,7	26	26	26	26	26
03/06/98	7,2	7,0	7,3	7,3	7,2	31	27	26	27	28
10/06/98	6,4	6,5	7,3	7,3	6,9	26	25	25	25	25
Média ⁽¹⁾	6,8	6,8	7,0	7,0	6,9	28,0	27,0	26,0	27,0	27,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,4	6,5	6,8	6,7	6,7	26,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Máximo ⁽¹⁾	7,2	7,0	7,3	7,3	7,2	31,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	2,3	1,4	1,4	1,4	1,5
CV(%) ⁽¹⁾	4,0	3,2	3,4	3,4	2,6	8,5	5,2	5,2	5,1	5,5
n ⁽¹⁾	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6	6	6	6	6

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 5.1 - TEMPERATURA (T) E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	T (°C)							pH						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
26/08/98	25	23	24	23	23	23	22	7,5	7,0	1,3	7,4	7,3	7,3	7,7
02/09/98	25	23	24	23	23	23	23	7,5	7,0	1,3	7,3	7,6	7,7	7,6
04/09/98	25	23	24	22	22	22	22	7,4	6,8	1,1	7,2	7,3	7,2	7,5
09/09/98	27	24	26	23	23	23	23	7,6	7,0	1,3	7,1	7,4	7,5	7,6
16/09/98	25	24	25	23	23	23	23	7,6	7,2	1,4	-	-	-	7,8
23/09/98	26	24	25	24	24	24	23	7,3	6,9	1,1	7,1	7,2	7,2	7,5
Média ⁽¹⁾	26,0	24,0	25,0	23,0	23,0	23,0	23,0	7,5	7,0	1,3	7,2	7,4	7,4	7,6
Mínimo ⁽¹⁾	25,0	23,0	24,0	22,0	22,0	22,0	22,0	7,3	6,8	1,1	7,1	7,2	7,2	7,5
Máximo ⁽¹⁾	27,0	24,0	26,0	24,0	24,0	24,0	23,0	7,6	7,2	1,4	7,4	7,6	7,7	7,8
Desvpad ⁽¹⁾	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
CV(%) ⁽¹⁾	3,2	2,3	3,3	2,7	2,7	2,7	2,3	1,6	1,9	1,7	1,7	2,1	2,9	1,5
n ⁽¹⁾	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

TABELA AE 5.2 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO), NITROGÊNIO AMONIAICAL E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)						NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg N.ℓ ⁻¹)				TCO (mg O ₂ .ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)
	EB	UASB	UASB _F	AFLA	DEC	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	DEC _F	AER
26/08/98	254	141	130	198	83	33	40	17	29	–	69
02/09/98	795	257	137	526	68	60	46	24	35	22	78
04/09/98	–	258	179	–	98	73	49	30	40	16	77
09/09/98	394	201	144	298	99	46	51	28	40	23	–
16/09/98	449	184	–	317	105	–	–	–	–	–	93
23/09/98	750	262	161	506	69	32	46	30	38	22	105
Média ⁽¹⁾	528,0	217,0	150,0	369,0	87,0	49,0	46,0	26,0	36,0	21,0	84,0
Mínimo ⁽¹⁾	254,0	141,0	130,0	198,0	68,0	32,0	40,0	17,0	29,0	16,0	69,0
Máximo ⁽¹⁾	795,0	262,0	179,0	526,0	105,0	73,0	51,0	30,0	40,0	23,0	105,0
Desvpad ⁽¹⁾	234,4	49,9	19,8	141,8	16,1	17,7	4,2	5,5	4,6	3,2	14,4
CV(% ^o) ⁽¹⁾	44,4	23,0	13,2	38,4	18,5	36,2	9,0	21,3	12,7	15,4	17,1
n ⁽¹⁾	5	6	5	5	6	5	5	5	5	4	5

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AER = Reator aeróbio

5. DEC = Decantador

6. F = Amostra filtrada

TABELA AE 5.3 – SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)						SSF (mg.ℓ ⁻¹)					
	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	DEC	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	DEC
26/08/98	126	28	77	4 900	5 141	42	34	10	22	1 222	1 358	22
02/09/98	432	100	266	–	5 704	120	126	48	87	–	1 206	70
04/09/98	–	–	–	6 406	6 594	68	–	–	–	1 648	1 602	–
09/09/98	260	90	175	10 580	8 208	90	94	64	79	1 588	1 500	62
16/09/98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23/09/98	396	40	218	7 408	7 902	22	90	24	57	2 028	2 210	20
Média ⁽¹⁾	304,0	65,0	184,0	7 324,0	6 710,0	68,0	86,0	37,0	61,0	1 622,0	1 575,0	44,0
Mínimo ⁽¹⁾	126,0	28,0	77,0	4 900,0	5 141,0	22,0	34,0	10,0	22,0	1 222,0	1 206,0	20,0
Máximo ⁽¹⁾	432,0	100,0	266,0	10 580,0	8 208,0	120,0	126,0	64,0	87,0	2 028,0	2 210,0	70,0
Desvpad ⁽¹⁾	139,6	35,8	80,4	2 403,3	1 337,2	38,7	38,2	24,1	29,1	330,0	385,0	26,2
CV(%) ⁽¹⁾	46,0	55,5	43,7	32,8	19,9	56,5	44,5	66,1	47,5	20,4	24,4	60,2
n ⁽¹⁾	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. ANI = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. DEC = Decantador

TABELA AE 5.4 – SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SSV) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SSV (mg.ℓ ⁻¹)						Sd (mg.ℓ ⁻¹)				
	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	DEC	EB	UASB	AFLA	AER	DEC
26/08/98	92	18	55	3 678	3 790	20	1,0	0,0	0,5	550	0,0
02/09/98	306	52	179	–	4 498	50	1,8	–	–	540	0,0
04/09/98	–	–	–	4 758	4 992	–	5,0	0,0	2,5	630	0,0
09/09/98	166	26	96	8 992	6 780	28	3,0	0,3	1,7	600	0,1
16/09/98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23/09/98	306	16	161	5 380	5 692	2	2,0	0,0	1,0	790	0,1
Média ⁽¹⁾	218,0	28,0	123,0	5 702,0	5 150,0	25,0	2,6	0,1	1,4	622,0	0,0
Mínimo ⁽¹⁾	92,0	16,0	55,0	3 678,0	3 790,0	2,0	1,0	0,0	0,5	540,0	0,0
Máximo ⁽¹⁾	306,0	52,0	179,0	8 992,0	6 780,0	50,0	5,0	0,3	2,5	790,0	0,1
Desvpad ⁽¹⁾	106,6	16,6	57,5	2 303,3	1 145,7	19,9	1,5	0,2	0,9	100,8	0,1
CV(%) ⁽¹⁾	49,0	59,2	46,9	40,4	22,2	79,6	60,1	200,0	61,0	16,2	136,9
n ⁽¹⁾	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	5

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. ANI = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. DEC = Decantador

TABELA AE 5.5 – CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV) NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (P1, P2, P3 E P4) DISTRIBUÍDOS AO LONGO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 5

DATA	P1			P2			P3			P4		
	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV	SST	SSF	SSV
26/08/98	34 780	9 187	25 592	36 002	9 756	26 246	1 040	801	239	1 042	770	272
02/09/98	47 083	9 605	37 478	27 895	7 081	20 813	1 062	731	331	1 035	709	326
09/09/98	34 126	10 790	23 336	28 660	8 434	20 226	24 078	5 380	18 698	162	68	94
16/09/98	33 700	8 634	25 066	24 798	5 374	19 424	13 282	2 856	10 426	11 474	2 434	9 040
23/09/98	32 390	9 112	23 278	21 362	5 022	16 340	14 648	3 610	11 038	15 350	3 244	12 106

NOTA: As descargas de lodo do UASB eram até o ponto P3 e a concentração de sólidos é expressa em mg.l^{-1} .

TABELA AE 5.6 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO REATOR UASB NOS PONTOS P1, P2, P3 E P4 NO EXPERIMENTO 5 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH					T (°C)				
	P1	P2	P3	P4	Média	P1	P2	P3	P4	Média
26/08/98	6,6	6,5	7,0	7,0	6,8	23	23	23	23	23
02/09/98	6,5	6,3	7,1	7,1	6,8	23	23	24	24	24
09/09/98	6,8	6,7	6,8	7,5	7,0	25	26	26	26	26
16/09/98	6,7	6,7	6,9	7,0	6,8	23	23	24	24	24
23/09/98	6,6	6,7	6,8	6,6	6,7	24	24	25	25	25
Média ⁽¹⁾	6,6	6,6	6,9	7,0	6,8	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,5	6,3	6,8	6,6	6,7	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Máximo ⁽¹⁾	6,8	6,7	7,1	7,5	7,0	25,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,9	1,3	1,1	1,1	1,1
CV(%) ⁽¹⁾	1,7	2,7	1,9	4,6	1,5	3,8	5,5	4,7	4,7	4,6
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 6.1 – TEMPERATURA (T) E POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	T (°C)							pH						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
28/10/98	27	25	26	25	25	25	24	7,5	6,7	7,1	7,4	7,5	7,4	7,6
04/11/98	30	26	28	26	25	25	25	7,3	6,6	7,0	7,3	7,4	7,3	7,5
11/11/98	27	26	27	26	26	26	25	7,3	6,7	7,0	7,3	7,4	7,3	7,6
18/11/98	28	26	27	26	26	25	25	7,3	6,7	7,0	7,2	7,3	7,2	7,2
25/11/98	29	26	28	26	26	25	25	7,5	6,8	7,2	7,3	7,5	7,4	7,5
02/12/98	29	27	28	27	27	27	26	7,4	6,8	7,1	7,2	7,4	7,4	7,6
09/12/98	30	25	28	26	26	26	25	7,4	6,7	7,1	7,3	7,3	7,4	7,5
Média ⁽¹⁾	29	26,0	27	26,0	26,0	26,0	25,0	7,4	6,7	7,1	7,3	7,4	7,3	7,5
Mínimo ⁽¹⁾	27	25,0	26	25,0	25,0	25,0	24,0	7,3	6,6	7,0	7,2	7,3	7,2	7,2
Máximo ⁽¹⁾	30	27,0	28	27,0	27,0	27,0	26,0	7,5	6,8	7,2	7,4	7,5	7,4	7,6
Desvpad ⁽¹⁾	1,3	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CV(%) ⁽¹⁾	4,5	2,7	2,8	2,2	2,7	3,1	2,3	1,2	1,0	1,0	0,9	1,1	1,1	1,9
n ⁽¹⁾	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

TABELA AE 6.2 – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg. ℓ ⁻¹)							DBO (mg. ℓ ⁻¹)				
	EB	EB _F	UASB	UASB _F	AFLA	DEC	DEC _F	EB	UASB	AFLA	DEC	DEC _F
28/10/98	764	185	328	221	546	77	52	–	–	–	–	–
04/11/98	762	196	446	319	604	146	50	397	246	322	50	5
11/11/98	395	221	252	198	324	116	43	155	133	144	66	6
18/11/98	763	260	393	229	578	137	76	–	–	–	–	–
25/11/98	489	150	263	165	376	75	15	336	143	240	26	8
02/12/98	1 157	228	231	149	694	201	63	574	102	338	38	5
09/12/98	722	218	295	287	509	145	51	306	146	226	–	8
Média ⁽¹⁾	722,0	208,0	315,0	224,0	519,0	128,0	50,0	354,0	154,0	254,0	45,0	6,0
Mínimo ⁽¹⁾	395,0	150,0	231,0	149,0	323,5	75,0	15,0	155,0	102,0	144,0	26,0	5,0
Máximo ⁽¹⁾	1 157,0	260,0	446,0	319,0	694,0	201,0	76,0	574,0	246,0	338,0	66,0	8,0
Desvpad ⁽¹⁾	243,4	35,1	79,1	61,7	129,6	43,9	18,8	152,1	54,3	78,6	17,1	1,5
CV(% ⁽¹⁾)	33,7	16,9	25,1	27,5	25,0	34,3	37,6	43,0	35,3	31,0	38,0	23,7
n ⁽¹⁾	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	4	5

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. DEC = Decantador

5. F indica que a amostra é filtrada;

TABELA AE 6.3 – ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) DO ESGOTO BRUTO NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	AB (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)							AAGV (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
28/10/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/11/98	354	364	359	268	255	251	293	145	175	160	35	22	30	7
11/11/98	347	384	366	316	283	284	298	123	117	120	24	29	30	29
18/11/98	381	360	371	344	322	320	369	153	148	151	49	41	45	34
25/11/98	328	384	356	384	374	381	399	114	38	76	38	24	25	33
02/12/98	338	400	369	367	329	341	356	146	77	112	39	36	44	44
09/12/98	342	406	374	290	238	257	280	128	118	123	25	41	32	33
Média ⁽¹⁾	348,0	383,0	366,0	328,0	300,0	306,0	333,0	135,0	112,0	124,0	35,0	32,0	34,0	30,0
Mínimo ⁽¹⁾	328,0	360,0	356,0	268,0	238,0	251,0	280,0	114,0	38,0	76,0	24,0	22,0	25,0	7,0
Máximo ⁽¹⁾	381,0	406,0	374,0	384,0	374,0	381,0	399,0	153,0	175,0	160,0	49,0	41,0	45,0	44,0
Desvpad ⁽¹⁾	18,2	18,5	7,0	44,9	50,9	50,9	48,6	15,4	49,0	29,9	9,4	8,4	8,2	12,3
CV(%) ⁽¹⁾	5,2	4,8	1,9	13,7	17,0	16,7	14,6	11,4	43,7	24,2	26,9	26,0	23,9	41,1
n ⁽¹⁾	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. _F indica que a amostra é filtrada;

TABELA A.E 6.4 – SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)							SSF (mg.ℓ ⁻¹)							TCO (mg O ₂ .ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	AER
28/10/98	12	60	36	6 560	6 744	6 094	32	–	28	–	1 924	1 872	2 076	22	93
04/11/98	284	50	167	5 962	6 504	5 778	16	2	0	1	1 834	1 884	2 008	4	94
11/11/98	224	118	171	6 362	6 170	5 910	98	90	70	80	1 766	1 736	2 082	72	94
18/11/98	340	150	245	7 538	8 060	8 504	98	96	70	83	1 674	2 298	2 200	58	–
25/11/98	394	118	256	8 588	8 754	7 720	76	112	64	88	1 816	1 968	2 994	46	–
02/12/98	456	68	262	10 204	10 556	9 734	78	120	50	85	2 278	2 398	2 098	48	105
09/12/98	–	68	–	8 230	8 090	8 174	112	–	86	–	2 196	2 256	2 300	80	99
Média ⁽¹⁾	285,0	90,0	190,0	7 635,0	7 840,0	7 416,0	73,0	84,0	53,0	67,0	1 927,0	2 059,0	2 251,0	47,0	97,0
Mínimo ⁽¹⁾	12,0	50,0	36,0	5 962,0	6 170,0	5 778,0	16,0	2,0	0,0	1,0	1 674,0	1 736,0	2 008,0	4,0	93,0
Máximo ⁽¹⁾	456,0	150,0	262,0	10 204,0	10 556,0	9 734,0	112,0	120,0	86,0	88	2 278,0	2 398,0	2 994,0	80,0	105,0
Desvpad ⁽¹⁾	156,5	37,9	86,2	1 497,0	1 532,9	1 523,3	35,9	47,4	29,5	37,2	226,0	254,6	341,2	26,8	5,0
CV(%) ⁽¹⁾	54,9	42,0	45,5	19,6	19,6	20,5	49,3	56,4	56,2	55,2	11,7	12,4	15,2	56,9	5,2
n ⁽¹⁾	6	7	6	7	7	7	7	5	7	5	7	7	7	7	5

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 6.5 – SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E NITROGÊNIO AMONIACAL NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SSV (mg.ℓ ⁻¹)							Sd (mg.ℓ ⁻¹)					NITROGÊNIO AMONIACAL (mg N.ℓ ⁻¹)			
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AER	DEC	EB _F	UASB _F	AFLA _F	DEC _F
28/10/98	–	32	–	4 636	4 872	4 018	10	2,0	0,0	1,0	800	0,0	–	–	–	–
04/11/98	282	50	166	4 128	4 620	3 770	12	2,2	0,0	1,1	750	0,0	63	68	66	19
11/11/98	134	48	91	4 596	4 434	3 828	26	2,5	0,0	1,3	750	0,0	54	54	54	15
18/11/98	244	80	162	5 864	5 762	6 304	40	11,0	3,0	7,0	800	0,0	76	56	66	42
25/11/98	282	54	168	6 772	6 786	4 726	30	4,5	0,0	2,3	850	0,0	54	56	55	50
02/12/98	336	18	177	7 926	8 158	7 636	30	11,0	0,0	5,5	850	0,0	54	52	53	40
09/12/98	–	–	–	6 034	5 834	5 874	32	5,0	0,0	2,5	900	2,0	66	66	66	18
Média	256,0	47,0	153,0	5 708,0	5 781,0	5 165,0	26,0	5,5	0,4	2,9	814,0	0,0	61,0	59,0	60,0	31,0
Mínimo	134,0	18,0	91,0	4 128,0	4 434,0	3 770,0	10,0	2,0	0,0	1,0	750,0	0,0	54,0	52,0	53,0	15,0
Máximo	336,0	80,0	177,0	7 926,0	8 158,0	7 636,0	40,0	11,0	3,0	7,0	900,0	2,0	76,0	68,0	66,0	50,0
Desvpad	75,5	21,0	35,0	1 358,0	1 332,4	1 480,3	10,9	4,0	1,1	2,4	55,6	0,8	9,0	6,7	6,5	15,0
CV(%)	29,5	44,8	22,9	23,8	23,0	28,7	42,5	72,5	264,6	80,5	6,8	264,6	14,6	11,3	10,9	49,1
n	5	6	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada;

TABELA AE 6.6 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 6 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Sólidos (mg/l)			pH	T (° C)
	SST	SSF	SSV		
28/10/98	10 643	2 394	8 249	6,6	27
04/11/98	11 204	2 918	8 286	6,5	27
11/11/98	9 598	2 242	7 356	6,5	27
18/11/98	9 131	2 366	6 765	6,6	27
25/11/98	11 162	2 964	8 198	6,8	27
02/12/98	12 276	3 137	9 139	6,7	27
09/12/98	13 561	3 550	10 011	6,6	28
Média ⁽¹⁾	11 082,0	2 796,0	8 286,0	6,6	27,0
Mínimo ⁽¹⁾	9 131,0	2 242,0	6 765,0	6,5	27,0
Máximo ⁽¹⁾	13 561,0	3 550,0	10 011,0	6,8	28,0
Desvpad ⁽¹⁾	1 516,2	479,8	1 071,7	0,1	0,4
CV(%) ⁽¹⁾	13,7	17,2	12,9	1,6	1,4
n ⁽¹⁾	7	7,0	7	7	7

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 7.1 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH							T (°C)						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
20/01/99	7,3	6,8	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	29	26	28	26	26	25	25
22/01/99	7,2	6,6	6,9	7,0	7,2	7,3	7,4	29	26	28	25	25	25	25
27/01/99	7,0	6,6	6,8	7,2	7,5	7,2	7,2	29	25	27	25	25	25	25
29/01/99	7,3	6,8	7,1	7,4	7,8	7,6	7,6	29	26	28	25	25	25	25
10/02/99	7,0	6,6	6,8	7,1	7,1	7,3	7,4	27	25	26	25	25	25	25
Média ⁽¹⁾	7,2	6,7	6,9	7,2	7,4	7,3	7,4	29,0	26,0	27,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Mínimo ⁽¹⁾	7,0	6,6	6,8	7,0	7,1	7,2	7,2	27,0	25,0	26,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Máximo ⁽¹⁾	7,3	6,8	7,1	7,4	7,8	7,6	7,6	29,0	26,0	28,0	26,0	26,0	25,0	25,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,9	0,5	0,7	0,4	0,4	0,0	0,0
CV(% ⁽¹⁾)	2,1	1,6	1,8	2,1	3,8	2,1	1,9	3,1	2,1	2,4	1,8	1,8	0,0	0,0
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 7.2 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)							DBO (mg.ℓ ⁻¹)				
	EB	EB _F	UASB	UASB _F	AFLA	DEC	DEC _F	EB	UASB	AFLA	DEC	DEC _F
20/01/99	435	149	166	75	301	71	26	169	50	110	67	–
22/01/99	327	138	266	121	297	64	–	186	122	154	38	6
27/01/99	268	106	165	94	217	142	23	163	109	136	78	16
29/01/99	309	132	220	112	265	227	39	194	136	165	–	13
10/02/99	363	177	163	127	263	103	57	359	128	244	74	–
Média ⁽¹⁾	340,0	140,0	196,0	106,0	268,0	121,0	36,0	214,0	109,0	162,0	64,0	12,0
Mínimo ⁽¹⁾	268,0	106,0	163,0	75,0	217,0	64,0	23,0	163,0	50,0	110,0	38,0	6,0
Máximo ⁽¹⁾	435,0	177,0	266,0	127,0	301,0	227,0	57,0	359,0	136,0	244,0	78,0	16,0
Desvpad ⁽¹⁾	63,0	25,9	45,9	21,3	33,8	66,6	15,5	81,9	34,4	50,4	18,1	5,1
CV(%) ⁽¹⁾	18,5	18,4	23,4	20,1	12,6	54,9	42,7	38,2	31,6	31,2	28,1	44,0
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5	5	4,0	5	5	5	4	3,0

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. DEC = Decantador

5. _F indica que a amostra é filtrada.

TABELA AE 7.3 - ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	AB (mg CaCO ₃ . ℓ ⁻¹)							AAGV (mg CaCO ₃ . ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
20/01/99	183	216	200	163	172	160	187	65	38	52	26	24	28	25
22/01/99	235	257	246	186	170	174	151	80	54	67	23	22	19	17
27/01/99	266	345	306	313	310	327	335	63	57	60	40	33	34	39
29/01/99	314	343	329	364	304	333	332	85	93	89	31	36	39	49
05/02/99	272	341	307	335	278	260	251	192	137	165	65	65	46	53
10/02/99	200	252	226	172	133	145	151	55	33	44	20	22	22	21
Média ⁽¹⁾	245,0	292,0	269,0	256,0	228,0	233,0	235,0	90,0	69,0	79,0	34,0	34,0	31,0	34,0
Mínimo ⁽¹⁾	183,0	216,0	200,0	163,0	133,0	145,0	151,0	55,0	33,0	44,0	20,0	22,0	19,0	17,0
Máximo ⁽¹⁾	314,0	345,0	329,0	364,0	310,0	333,0	335,0	192,0	137,0	165,0	65,0	65,0	46,0	53,0
Desvpad ⁽¹⁾	48,8	57,3	51,9	91,4	78,1	85,0	84,9	51,2	39,6	44,5	16,7	16,5	10,3	15,2
CV(% ⁽¹⁾)	19,9	19,6	19,3	35,8	34,3	36,5	36,2	56,9	57,6	56,1	48,7	48,9	32,9	44,6
n ⁽¹⁾	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 7.4 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)			SSF (mg.ℓ ⁻¹)			SSV (mg.ℓ ⁻¹)		
	AN1	AER	AN2	AN1	AER	AN2	AN1	AER	AN2
20/01/99	5 016	6 372	5 212	1 130	1 326	1 266	3 886	5 046	3 946
22/01/99	5 040	5 376	6 184	986	1 322	1 350	3 054	4 054	4 834
27/01/99	5 172	5 552	5 654	1 738	1 108	1 154	3 434	4 444	4 500
29/01/99	5 326	5 526	5 568	676	1 194	1 310	4 650	4 332	4 258
10/02/99	9 898	7 090	7 604	1 866	1 930	2 084	8 032	5 256	5 520
Média ⁽¹⁾	6 090,0	5 983,0	6 044,0	1 279,0	1 376,0	1 433,0	4 611,0	4 626,0	4 612,0
Mínimo ⁽¹⁾	5 016,0	5 376,0	5 212,0	676,0	1 108,0	1 154,0	3 054,0	4 054,0	3 946,0
Máximo ⁽¹⁾	9 898,0	7 090,0	7 604,0	1 866,0	1 930,0	2 084,0	8 032,0	5 256,0	5 520,0
Desvpad ⁽¹⁾	2 132,1	731,4	938,6	506,7	323,0	371,3	2 002,5	505,0	603,2
CV(%) ⁽¹⁾	35,0	12,2	15,5	39,6	23,5	25,9	43,4	10,9	13,1
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5	5	5	5	5

(1) Valores Descritivos.

- NOTAS: 1. AN1 = Reator anóxico I
 2. AER = Reator aeróbio
 3. AN2 = Reator anóxico II

TABELA AE 7.5 – NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL (NTK) E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NTK (mg N.ℓ ⁻¹)							Sd (ml.ℓ ⁻¹)				
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB	UASB	AFLA	AER	DEC
20/01/99	–	–	–	–	–	–	–	2,0	0,0	1,0	700	0,0
22/01/99	62,7	53,2	58,0	16,2	11,8	8,4	3,9	0,2	0,0	0,1	650	0,0
27/01/99	47,0	45,4	46,2	36,4	30,8	34,7	34,7	0,2	0,0	0,1	750	2,0
29/01/99	55,0	–	–	42,6	49,8	–	–	0,2	0,0	0,1	750	2,0
10/02/99	50,4	41,4	45,9	11,8	2,8	3,4	8,4	0,9	0,0	0,5	900	0,1
Média ⁽¹⁾	53,8	46,7	50,0	26,8	23,8	15,5	15,7	0,7	0,0	0,4	750,0	0,8
Mínimo ⁽¹⁾	47,0	41,4	45,9	11,8	2,8	3,4	3,9	0,2	0,0	0,1	650,0	0,0
Máximo ⁽¹⁾	62,7	53,2	58,0	42,6	49,8	34,7	34,7	2,0	0,0	1,0	900,0	2,0
Desvpad ⁽¹⁾	6,8	6,0	6,9	15,0	20,9	16,8	16,6	0,8	0,0	0,4	93,5	1,1
CV(%) ⁽¹⁾	12,6	12,9	13,7	56,2	87,8	108,5	106,2	112,5	–	112,5	12,5	131,5
n ⁽¹⁾	4	3	3	4	4	3	3	5	5	5	5	5

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada.

TABELA AE 7.6 – NITROGÊNIO AMONÍACAL, NITRATO DO ESGOTO BRUTO E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg N.ℓ ⁻¹)							Nitrato (mg N.ℓ ⁻¹)							TCO (mgO ₂ .ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	AER
20/01/99	35,8	24,6	30,2	13,4	6,2	7,8	12,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	105
22/01/99	43,1	45,4	44,25	13,4	9,5	6,2	1,1	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	0,10	2,20	99
27/01/99	20,2	37,5	28,85	30,2	25,8	31,4	31,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	126
29/01/99	44,8	45,4	45,1	33	29,1	35,3	36,4	0,00	0,32	0,16	0,00	0,00	0,00	0,30	88
10/02/99	42,6	35,8	39,2	9,5	0,56	0,56	2,8	0,20	0,22	0,21	0,10	3,20	0,10	2,00	112
Média ⁽¹⁾	37,3	37,7	37,5	19,9	14,2	16,3	16,9	0,04	0,11	0,07	0,02	1,06	0,04	0,90	106,0
Mínimo ⁽¹⁾	20,2	24,6	28,9	9,5	0,6	0,6	1,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,0
Máximo ⁽¹⁾	44,8	45,4	45,1	33,0	29,1	35,3	36,4	0,20	0,32	0,21	0,10	3,20	0,10	2,20	126,0
Desvpad ⁽¹⁾	10,2	8,6	7,7	10,8	12,5	15,9	16,2	0,09	0,15	0,10	0,04	1,50	0,05	1,10	14,2
CV(%) ⁽¹⁾	27,2	22,7	20,4	54,5	88,1	97,8	96,0	223,61	140,79	139,00	223,61	141,76	136,93	122,73	13,4
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada.

TABELA AE 7.7 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 7 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Sólidos (mg. ℓ ⁻¹)			pH	T (° C)
	SST	SSF	SSV		
20/01/99	8 001	2 083	5 918	6,6	27
27/01/99	8 518	2 742	5 776	6,6	27
03/02/99	10 126	2 550	7 576	6,7	27
10/02/99	9 380	2 580	6 800	6,5	27
17/02/99	6 806	1 778	5 028	6,8	26
Média ⁽¹⁾	8 566,0	2 347,0	6 220,0	6,6	27,0
Mínimo ⁽¹⁾	6 806,0	1 778,0	5 028,0	6,5	26,0
Máximo ⁽¹⁾	10 126,0	2 742,0	7 576,0	6,8	27,0
Desvpad ⁽¹⁾	1 276,3	401,6	985,4	0,1	0,4
CV(%) ⁽¹⁾	14,9	17,1	15,8	1,7	1,7
n ⁽¹⁾	5	5	5	5	5

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 8.1 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH							T (°C)						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
26/05/99	7,1	6,8	7,0	7,3	7,3	7,2	7,4	27	23	25	22	22	22	22
28/05/99	7,1	6,8	7,0	7,3	7,2	7,6	7,3	29	23	26	23	23	23	22
02/06/99	7,3	6,8	7,1	7,4	7,2	7,3	7,4	28	22	25	22	22	22	22
04/06/99	7,1	6,8	7,0	7,3	7,2	7,3	7,4	27	22	25	22	22	22	22
09/06/99	7,1	6,8	7,0	7,3	7,1	7,2	7,4	27	22	25	22	22	22	22
11/06/99	6,8	6,8	6,8	7,3	7,3	7,3	7,4	27	21	24	21	21	21	21
16/06/99	7,1	6,8	7,0	7,6	7,5	7,6	7,6	27	22	25	22	22	22	22
18/06/99	7,3	7,0	7,2	7,4	7,4	7,3	7,5	28	23	26	23	22	22	22
07/07/99	7,1	6,8	7,0	7,3	7,3	7,3	7,4	26	22	24	22	22	22	22
09/07/99	7,5	7,2	7,4	7,5	7,4	7,5	7,5	26	21	24	21	21	21	21
14/07/99	7,1	7,0	7,1	7,5	7,4	7,5	7,5	26	22	24	22	22	22	22
16/07/99	7,3	6,8	7,1	7,3	7,6	7,6	7,6	27	22	25	22	22	22	22
Média ⁽¹⁾	7,2	6,9	7,00	7,4	7,3	7,4	7,5	27,0	22,0	25,0	22,0	22,0	22,0	22,0
Mínimo ⁽¹⁾	6,8	6,8	6,80	7,3	7,1	7,2	7,3	26,0	21,0	24,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Máximo ⁽¹⁾	7,5	7,2	7,35	7,6	7,6	7,6	7,6	29,0	23,0	26,0	23,0	23,0	23,0	22,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,2	0,1	0,10	0,1	0,1	0,2	0,1	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
CV(%) ⁽¹⁾	2,4	1,9	1,90	1,4	1,9	2,1	1,2	3,3	3,0	2,9	2,7	2,3	2,3	1,8
n ⁽¹⁾	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 8.2 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)										DBO (mg.ℓ ⁻¹)				
	EB	EB _F	UASB	UASB _F	AFLA	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC	DEC _F	EB	UASB	AFLA	DEC	DEC _F
26/05/99	913	283	221	138	567	51	72	51	62	-	371	61	216	7	2
28/05/99	500	236	157	111	329	75	57	64	71	61	-	-	-	-	-
02/06/99	870	290	264	156	567	40	43	54	43	22	593	93	343	34	2
04/06/99	681	333	230	167	456	63	74	70	78	44	-	-	-	-	-
09/06/99	1000	281	238	142	619	38	73	192	58	46	-	-	-	-	-
11/06/99	526	165	278	211	402	45	64	60	68	38	-	-	-	-	-
16/06/99	578	237	359	263	469	70	67	-	81	52	415	229	322	31	12
18/06/99	923	285	246	208	585	54	62	62	77	27	-	-	-	-	-
07/06/99	221	109	277	187	249	60	45	64	112	0	-	-	-	-	-
09/07/99	693	186	190	153	442	73	62	58	80	44	-	-	-	-	-
14/07/99	698	273	277	183	488	72	-	65	83	47	-	-	-	-	-
16/07/99	588	199	268	184	428	70	81	-	59	40	-	-	-	-	-
Média ⁽¹⁾	683,0	240,0	250,0	175,0	467,0	59,0	64,0	74,0	69,0	42,0	460,0	128,0	294,0	24,0	5,0
Mínimo ⁽¹⁾	221,0	109,0	157,0	111,0	249,0	38,0	43,0	51,0	43,0	22,0	371,0	61,0	216,0	7,0	2,0
Máximo ⁽¹⁾	1000,0	333,0	359,0	263,0	619,0	75,0	81,0	192,0	83,0	61,0	593,0	229,0	343,0	34,0	12,0
Desvpad ⁽¹⁾	221,1	64,1	50,7	40,3	108,9	13,4	11,8	41,8	12,5	11,3	117,5	89,2	68,1	14,8	5,8
CV(%) ⁽¹⁾	32,4	26,7	20,3	23,0	23,4	22,6	18,6	56,5	18,1	26,9	25,6	69,9	23,2	61,7	108,3
n ⁽¹⁾	12	12	12	12	12	12	11	10	11	10	3	3	3	3	3

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada.

TABELA AE 8.3 - ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	AB (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)							AAGV (mg CaCO.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
26/05/99	338	369	354	218	185	195	180	122	87	105	27	28	37	33
28/05/99	324	360	342	207	172	184	181	66	33	50	18	24	19	10
02/06/99	277	328	303	218	188	188	194	144	164	154	31	28	42	35
04/06/99	300	368	334	224	181	209	217	113	91	102	11	41	25	17
09/06/99	336	347	342	231	184	204	202	178	103	141	40	24	23	18
11/06/99	222	296	259	216	177	188	181	73	115	94	17	24	5	21
16/06/99	314	365	340	278	232	243	241	96	135	116	33	30	30	44
18/06/99	321	344	333	225	167	176	178	109	69	89	-	15	29	15
07/07/99	159	363	261	229	186	199	190	39	84	62	17	23	9	23
09/07/99	339	342	341	235	207	199	211	57	65	61	21	18	23	18
14/07/99	317	322	320	295	268	246	251	96	88	92	37	24	33	16
16/07/99	316	363	340	288	241	247	225	-	80	-	28	25	16	17
Média ⁽¹⁾	297,0	347,0	322,0	239,0	199,0	207,0	204,0	99,0	93,0	97,0	25,0	25,0	24,0	22,0
Mínimo ⁽¹⁾	159,0	296,0	259,0	207,0	167,0	176,0	178,0	39,0	33,0	50,0	11,0	15,0	5,0	10,0
Máximo ⁽¹⁾	339,0	369,0	354,0	295,0	268,0	247,0	251,0	178,0	164,0	154,0	40,0	41,0	42,0	44,0
Desvpad ⁽¹⁾	54,3	22,5	31,7	30,3	31,6	25,1	24,9	40,3	33,9	32,4	9,3	6,4	10,9	9,9
CV(% ⁽¹⁾)	18,3	6,5	9,8	12,7	15,9	12,1	12,2	40,6	36,5	33,5	36,6	25,4	45,0	44,7
n ⁽¹⁾	12	12	12	12	12	12	12	11	12	11	11	12	12	12

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada.

TABELA AE 8.4 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)							SSF (mg.ℓ ⁻¹)						
	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	AN2	DEC
26/05/99	215	–	–	7 508	7 350	7 442	33	92	–	–	2 110	2 180	2 196	8
28/05/99	213	47	130	7 342	7 472	7 720	37	38	25	32	2 470	2 518	2 890	27
02/06/99	746	–	–	6 934	7 018	6 996	27	576	–	–	1 816	1 936	1 852	18
04/06/99	348	–	–	6 384	6 850	7 086	57	102	–	–	1 718	1 712	1 862	5
09/06/99	520	155	338	6 066	6 172	6 694	20	–	–	–	1 518	1 518	1 584	–
11/06/99	338	29	184	5 942	6 212	6 154	16	–	–	–	1 584	1 698	1 674	16
16/06/99	312	27	170	5 316	5 114	4 918	45	–	6	–	1 236	1 314	1 176	21
18/06/99	453	40	247	5 120	5 510	4 974	87	104	12	58	1 330	1 506	1 036	–
07/07/99	109	48	79	4 872	5 312	5 896	48	73	36	55	1 286	1 556	1 562	14
09/07/99	252	15	133,5	6 228	5 524	5 252	22	8	–	–	1 232	1 310	1 312	3
14/07/99	436	197	317	4 480	4 716	4 490	26	24	12	18	1 146	1 242	1 036	6
16/07/99	842	–	–	3 558	4 284	4 376	–	–	–	–	912	1 158	1 168	–
Média ⁽¹⁾	399,0	70,0	199,0	5 813,0	5 961,0	6 000,0	38,0	173,0	18,0	41,0	1 530,0	1 637,0	1 612,0	13,0
Mínimo ⁽¹⁾	109,0	15,0	78,5	3 558,0	4 284,0	4 376,0	16,0	8,0	6,0	18,0	912,0	1 158,0	1 036,0	3,0
Máximo ⁽¹⁾	842,0	197,0	338,0	7 508,0	7 472,0	7 720,0	87,0	576,0	36,0	58,0	2 470,0	2 518,0	2 890,0	27,0
Desvpad ⁽¹⁾	218,2	67,4	92,5	1 187,9	1 049,8	1 184,2	20,7	220,3	12,1	19,1	441,5	405,0	542,9	8,2
CV(%) ⁽¹⁾	54,7	96,7	46,4	20,4	17,6	19,7	54,4	127,7	66,7	47,1	28,9	24,7	33,7	62,2
n ⁽¹⁾	12	8	8	12	12	12	11	9	5	4	12	12	12	9

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. ANI = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 8.5 - SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV), SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SSV (mg.ℓ ⁻¹)							Sd (mg.ℓ ⁻¹)					TCO (mgO ₂ .ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AER	DEC	AER
26/05/99	123	-	-	5 398	5 170	5 246	25	12	0,1	6,1	950	0,0	102
28/05/99	175	22	99	4 872	4 954	4 830	9	3,5	0,0	1,8	950	0,0	78
02/06/99	170	-	-	5 118	5 082	5 144	9	4,5	0,0	2,3	980	-	118
04/06/99	246	-	-	4 666	5 138	5 224	52	3	0,0	1,5	970	-	69
09/06/99	-	-	-	4 548	4 654	5 110	-	7	0,3	3,7	970	0,0	98
11/06/99	-	-	-	4 358	4 514	4 480	-	1,5	0,1	0,8	950	0,0	86
16/06/99	-	21	-	4 080	3 800	3 742	24	1,5	0,1	0,8	950	0,0	107
18/06/99	348	28	188	3 790	4 004	3 938	-	6,5	0,0	3,3	920	0,0	85
07/07/99	36	12	24	3 586	3 756	4 334	34	0,5	0,1	0,3	900	0,1	104
09/07/99	244	-	-	4 996	4 214	3 940	20	6,5	0,0	3,3	900	0,0	81
14/07/99	412	185	299	3 334	3 474	3 454	21	3,5	0,1	1,8	850	0,1	95
16/07/99	306	-	-	2 446	3 126	3 208	-	2,5	0,0	1,3	800	0,0	94
Média ⁽¹⁾	229,0	54,0	152,0	4 266,0	4 324,0	4 388,0	24,0	4,4	0,0	2,0	924,0	0,0	93,0
Mínimo ⁽¹⁾	36,0	12,0	24,0	2 446,0	3 126,0	3 208,0	9,0	0,5	0,0	0,3	800,0	0,0	69,0
Máximo ⁽¹⁾	412,0	185,0	298,5	5 398,0	5 170,0	5 246,0	52,0	12,0	0,3	6,1	980,0	0,1	118,0
Desvpad ⁽¹⁾	116,7	73,7	118,3	856,0	698,3	727,4	13,9	3,2	0,1	1,6	54,0	0,0	13,9
CV(% ⁽¹⁾)	51,0	137,5	77,7	20,1	16,2	16,6	57,5	73,1	133,1	72,4	5,8	210,8	14,9
n ⁽¹⁾	9	5	4	12	12	12	8	12	12	12	12	10	12

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 8.6 – NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL (NTK) E NITROGÊNIO ORGÂNICO NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NTK (mg N.ℓ ⁻¹)							Nitrogênio orgânico (mg N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
26/05/99	88,5	55,3	71,9	7,1	2,4	2,4	3,5	27,1	10,6	18,9	2,9	1,8	1,2	2,9
28/05/99	62,3	43,5	52,9	5,9	2,4	2,4	2,4	18,8	5,9	12,4	2,1	2,1	2,1	2,1
02/06/99	82,3	64,7	73,5	8,2	2,4	2,4	2,9	30,6	11,8	21,2	1,8	2,4	1,2	2,9
04/06/99	77,6	56,5	67,1	8,8	2,4	1,8	2,4	31,8	12,9	22,4	2,4	2,4	1,8	2,4
09/06/99	104,7	63,5	84,1	11,8	2,4	2,9	2,9	35,3	16,5	25,9	2,9	1,8	1,8	2,4
11/06/99	52,9	49,4	51,2	8,8	2,9	2,4	3,5	20,0	7,1	13,6	2,9	2,9	1,8	2,9
16/06/99	72,9	61,2	67,1	16,5	10,0	11,8	14,1	24,7	9,4	17,1	7,6	2,4	3,5	5,3
18/06/99	96,4	47,0	71,7	7,1	1,8	2,4	1,8	38,8	9,4	24,1	1,2	1,2	1,2	1,2
07/07/99	30,6	67,0	48,8	12,4	5,3	4,1	3,5	14,1	11,8	13,0	2,9	2,4	2,4	1,8
09/07/99	74,1	48,2	61,2	9,4	3,5	2,4	3,5	28,2	14,1	21,2	4,1	2,9	1,8	2,9
14/07/99	70,6	50,6	60,6	27,1	17,1	17,1	15,9	23,5	10,6	17,1	5,9	5,9	5,9	6,5
16/07/99	75,3	54,1	64,7	22,3	10,6	8,2	4,1	37,6	15,3	26,5	4,7	5,9	3,5	1,8
Média ⁽¹⁾	74,0	55,1	64,6	12,1	5,3	5,0	5,0	27,5	11,3	19,4	3,5	2,8	2,4	2,9
Mínimo ⁽¹⁾	30,6	43,5	48,8	5,9	1,8	1,8	1,8	14,1	5,9	12,4	1,2	1,2	1,2	1,2
Máximo ⁽¹⁾	104,7	67,0	84,1	27,1	17,1	17,1	15,9	38,8	16,5	26,5	7,6	5,9	5,9	6,5
Desvpad ⁽¹⁾	19,6	7,7	10,3	6,6	4,8	4,9	4,7	7,7	3,1	4,9	1,8	1,5	1,4	1,5
CV(%) ⁽¹⁾	26,5	13,9	16,0	54,6	91,0	96,5	93,4	28,0	27,9	25,3	53,3	53,0	58,1	51,7
n ⁽¹⁾	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. ANI = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. _F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE. 8.7 - NITRATO E NITRITO NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Nitrato (mg N.ℓ ⁻¹)							Nitrito (mg N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
26/05/99	0,6	0,3	0,5	0,3	3,1	0,3	2,7	-	-	-	-	-	-	-
28/05/99	0,4	0,3	0,4	0,3	1,6	1,4	4,9	-	-	-	-	-	-	-
02/06/99	0,3	0,2	0,3	0,3	2,4	0,5	3,2	-	-	-	-	-	-	-
04/06/99	3,3	0,2	1,8	0,2	1,8	0,6	0,8	-	-	-	-	-	-	-
09/06/99	0,2	0,1	0,2	0,1	0,7	0,1	1,5	-	-	-	-	-	-	-
11/06/99	0,2	0,3	0,3	0,3	0,8	0,3	2,1	-	-	-	-	-	-	-
16/06/99	0,8	0,5	0,7	0,4	1,7	0,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,3	2,3
18/06/99	0,4	0,3	0,4	0,3	4,4	2,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	1,7	2,4
07/07/99	2,6	0,3	1,5	0,2	1,5	0,5	0,5	0,7	0,0	0,4	0,0	0,9	0,3	0,1
09/07/99	0,3	0,3	0,3	0,4	1,1	0,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,8	1,3
14/07/99	0,2	0,0	0,1	0,2	1,1	0,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	1,5
16/07/99	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	1,5
Média ⁽¹⁾	0,8	0,3	0,5	0,3	1,7	0,6	2,7	0,1	0,0	0,1	0,1	0,9	0,7	1,5
Mínimo ⁽¹⁾	0,2	0,0	0,1	0,1	0,5	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	0,1
Máximo ⁽¹⁾	3,3	0,5	1,8	0,4	4,4	2,0	5,3	0,7	0,0	0,4	0,3	1,1	1,7	2,4
Desvpad ⁽¹⁾	1,0	0,1	0,5	0,1	1,1	0,5	1,6	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,5	0,8
CV(%) ⁽¹⁾	130,8	49,7	101,4	33,3	64,8	86,3	57,2	244,9	-	244,9	244,9	12,8	84,1	54,8
n ⁽¹⁾	12	12	12	12	12	12	12	6	6	6	6	6	6	6

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 8.8 – NITROGÊNIO AMONIAICAL NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
26/05/99	58,8	44,7	51,8	4,1	0,6	1,2	0,6
28/05/99	43,5	37,6	40,6	4,7	0,3	0,3	0,3
02/06/99	51,7	52,9	52,3	6,5	0,0	1,2	0,0
04/06/99	45,9	43,5	44,7	6,5	0,0	0,0	0,0
09/06/99	69,4	47,0	58,2	8,8	0,6	1,2	0,6
11/06/99	32,9	42,3	37,6	5,9	0,0	0,6	0,6
16/06/99	48,2	51,7	50,0	8,8	7,6	8,2	8,8
18/06/99	57,6	37,6	47,6	5,9	0,6	1,2	0,6
07/07/99	16,5	55,3	35,9	9,4	2,9	1,8	1,8
09/07/99	45,9	34,1	40,0	5,3	0,6	0,6	0,6
14/07/99	47,0	40,0	43,5	21,2	11,2	11,2	9,4
16/07/99	37,6	38,8	38,2	17,6	4,7	4,7	2,4
Média ⁽¹⁾	46,3	43,8	45,0	8,7	2,4	2,7	2,1
Mínimo ⁽¹⁾	16,5	34,1	35,9	4,1	0,0	0,0	0,0
Máximo ⁽¹⁾	69,4	55,3	58,2	21,2	11,2	11,2	9,4
Desvpad ⁽¹⁾	13,5	6,8	7,0	5,3	3,6	3,5	3,3
CV(%) ⁽¹⁾	29,2	15,4	15,5	60,8	149,5	132,1	155,3
n ⁽¹⁾	12	12	12	12	12	12	12

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 8.9 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) E SUAS PARCELAS FIXA (SSF) E VOLÁTIL (SSV), POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (C) DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 8 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Sólidos (mg. ℓ ⁻¹)			pH	T (°C)
	SST	SSF	SSV		
26/05/99	8 329	2 160	6 169	6,5	22
02/06/99	7 772	1 835	5 937	6,8	23
09/06/99	7 509	1 573	5 936	6,6	24
16/06/99	7 172	1 699	5 473	6,7	23
07/07/99	7 383	1 591	5 792	6,3	23
14/07/99	7 511	1 813	5 698	6,7	23
Média ⁽¹⁾	7 613,0	1 779,0	5 834,0	6,6	23,0
Mínimo ⁽¹⁾	7 172,0	1 573,0	5 473,0	6,3	22,0
Máximo ⁽¹⁾	8 329,0	2 160,0	6 169,0	6,8	24,0
Desvpad ⁽¹⁾	401,6	216,2	238,3	0,2	0,6
CV(%) ⁽¹⁾	5,3	12,2	4,1	2,7	2,7
n ⁽¹⁾	6	6	6	6	6

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 9.1 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	pH							T (°C)						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
29/10/99	7,5	7,2	7,3	7,6	7,5	7,6	7,9	27	23	24	23	23	23	23
03/11/99	7,5	6,9	7,1	7,4	7,2	7,3	7,5	28	23	24	23	23	23	24
10/11/99	7,4	7,1	7,2	7,6	7,5	7,5	7,8	28	24	25	23	23	23	23
12/11/99	7,5	7,1	7,2	7,4	7,6	7,7	7,8	29	23	25	23	23	23	23
01/12/99	7,5	7,0	7,1	7,7	7,6	7,6	7,8	29	23	25	23	23	23	23
06/12/99	7,6	7,2	7,3	7,8	7,7	7,7	7,9	28	23	24	23	23	23	23
08/12/99	7,4	6,9	7,0	7,5	7,3	7,5	7,8	28	23	24	23	23	23	22
10/12/99	7,4	7,1	7,2	7,6	7,5	7,4	7,6	28	24	25	23	23	23	22
Média ⁽¹⁾	7,5	7,1	7,2	7,6	7,5	7,5	7,8	28,0	23,0	24,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Mínimo ⁽¹⁾	7,4	6,9	7,0	7,4	7,2	7,3	7,5	27,0	23,0	24,0	23,0	23,0	23,0	22,0
Máximo ⁽¹⁾	7,6	7,2	7,3	7,8	7,7	7,7	7,9	29,0	24,0	25,0	23,0	23,0	23,0	24,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,6	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6
CV(%) ⁽¹⁾	0,9	1,7	1,4	1,8	2,2	1,9	1,8	2,3	2,0	1,5	0,0	0,0	0,0	2,8
n ⁽¹⁾	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 9.2 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)										DBO (mg.ℓ ⁻¹)				
	EB	EB _F	UASB	UASB _F	AFLA	ANI _F	AER _F	AN2 _F	DEC	DEC _F	EB	UASB	AFLA	DEC	DEC _F
29/10/99	687	198	224	138	340	67	67	67	45	34	-	-	-	-	-
03/11/99	735	254	265	169	383	59	59	59	96	66	493	171	252	23	10
10/11/99	642	310	239	153	340	60	60	60	60	60	305	85	140	9	4
12/11/99	767	241	320	165	432	60	68	53	53	30	-	-	-	-	-
01/12/99	627	239	261	149	353	45	45	67	45	52	494	203	276	17	9
06/12/99	763	281	267	167	391	59	30	22	37	22	-	-	-	-	-
08/12/99	797	266	288	173	415	52	48	52	48	15	437	134	210	12	4
10/12/99	794	242	271	-	402	51	36	36	51	32	-	-	-	-	-
Média ⁽¹⁾	727,0	254,0	267,0	159,0	382,0	57,0	52,0	52,0	54,0	39,0	432,0	148,0	219,0	15,0	7,0
Mínimo ⁽¹⁾	627,0	198,0	224,0	138,0	340,0	45,0	30,0	22,0	37,0	15,0	305,0	85,0	140,0	9,0	4,0
Máximo ⁽¹⁾	797,0	310,0	320,0	173,0	432,0	67,0	68,0	67,0	96,0	66,0	494,0	203,0	276,0	23,0	10,0
Desvpad ⁽¹⁾	66,7	33,1	29,1	12,7	34,8	6,9	14,1	15,7	18,1	18,4	88,9	50,7	59,5	6,1	3,2
CV(%) ⁽¹⁾	9,2	13,0	10,9	8,0	9,1	12,1	27,4	30,1	33,3	47,2	20,6	34,2	27,1	40,2	47,4
n ⁽¹⁾	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	4	4	4	4	4

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. ANI = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 9.3 - ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	AB (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)							AAGV (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	DEC _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
29/10/99	308	434	403	252	179	202	210	61	26	35	5	34	17	13
03/11/99	413	476	460	250	184	193	214	114	31	52	16	14	19	18
10/11/99	356	460	434	249	187	196	187	127	66	81	31	22	24	22
12/11/99	331	394	378	277	212	195	219	68	57	60	18	18	12	14
01/12/99	302	423	393	210	191	199	203	77	67	70	28	21	29	18
06/12/99	363	413	401	235	177	196	192	90	40	53	17	17	19	17
08/12/99	338	431	408	255	196	207	202	103	57	69	16	19	13	13
10/12/99	320	372	359	246	161	174	178	92	47	58	15	19	19	17
Média ⁽¹⁾	341,0	425,0	404,0	247,0	186,0	195,0	201	92,0	49,0	60,0	18,0	21,0	19,0	17,0
Mínimo ⁽¹⁾	302,0	372,0	359,0	210,0	161,0	174,0	178	61,0	26,0	35,0	5,0	14,0	12,0	13,0
Máximo ⁽¹⁾	413,0	476,0	460,0	277,0	212,0	207,0	219,0	127,0	67,0	81,0	31,0	34,0	29,0	22,0
Desvpad ⁽¹⁾	36,0	33,5	31,4	19,0	14,9	9,7	14,1	22,7	15,5	14,0	8,1	6,0	5,5	3,1
CV(%) ⁽¹⁾	10,5	7,9	7,8	7,7	8,0	5,0	7,0	24,8	31,7	23,6	44,2	29,2	29,1	18,6
n ⁽¹⁾	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 9.4 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST), SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (SSF) E SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)				SSF (mg.ℓ ⁻¹)			SSV (mg.ℓ ⁻¹)			TCO (mg O ₂ .ℓ ⁻¹ .h ⁻¹)
	AN1	AER	AN2	DEC	AN1	AER	AN2	AN1	AER	AN2	AER
29/10/99	4 322	4 728	4 980	10	992	1 152	1 274	3 330	3 576	3 706	85
03/11/99	5 530	5 838	6 140	15	1 566	1 408	1 296	3 964	4 430	4 844	85
10/11/99	4 958	5 296	5 460	18	927	1 212	1 380	3 986	4 084	4 080	94
12/11/99	4 470	5 314	5 336	12	1 084	1 404	1 548	3 386	3 910	3 788	82
01/12/99	5 322	5 410	5 156	17	1 458	2 452	1 276	3 864	2 958	3 880	106
06/12/99	4 394	4 568	4 686	13	928	884	952	3 466	3 684	3 734	107
08/12/99	4 474	4 314	4 766	12	1 020	–	920	3 454	–	3 846	104
10/12/99	4 550	4 594	4 298	15	828	894	698	3 722	3 700	3 600	100
Média ⁽¹⁾	4 753,0	5 008,0	5 103,0	14,0	1 100,0	1 344,0	1 168,0	3 647,0	3 763,0	3 935,0	95,0
Mínimo ⁽¹⁾	4 322,0	4 314,0	4 298,0	10,0	828,0	884,0	698,0	3 330,0	2 958,0	3 600,0	82,0
Máximo ⁽¹⁾	5 530,0	5 838,0	6 140,0	18,0	1 566,0	2 452,0	1 548,0	3 986,0	4 430,0	4 844,0	107,0
Desvpad ⁽¹⁾	460,3	528,1	562,0	2,7	266,5	532,9	282,3	269,1	458,8	393,7	10,3
CV(%) ⁽¹⁾	9,7	10,5	11,0	19,5	24,2	39,7	24,2	7,4	12,2	10,0	10,8
n ⁽¹⁾	8	8	8	8	8	7	8	8	7	8	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. AER = Reator aeróbio

2. AN1 = Reator anóxico I

3. AN2 = Reator anóxico II

4. DEC = Decantador

TABELA AE 9.5 - NITROGÊNIO KJELDAHL (NTK) E NITROGÊNIO ORGÂNICO NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NTK (mg N.ℓ ⁻¹)							Nitrogênio orgânico (mg N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
29/10/99	67,0	65,9	66,2	14,7	2,9	2,9	2,9	25,9	12,9	16,2	3,5	2,9	2,9	2,9
03/11/99	82,3	63,5	68,2	14,7	4,1	4,1	8,8	20,0	11,8	13,9	2,9	1,2	0,6	4,1
10/11/99	84,7	74,1	76,8	13,5	3,5	3,5	3,5	25,9	21,2	22,4	2,4	2,4	2,4	2,4
12/11/99	72,9	64,7	66,8	12,9	2,4	2,4	2,4	23,5	15,3	17,4	1,2	1,8	1,8	1,8
01/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média ⁽¹⁾	76,7	67,1	69,5	14,0	3,2	3,2	4,4	23,8	15,3	17,4	2,5	2,1	1,9	2,8
Mínimo ⁽¹⁾	67,0	63,5	66,2	12,9	2,4	2,4	2,4	20,0	11,8	13,9	1,2	1,2	0,6	1,8
Máximo ⁽¹⁾	84,7	74,1	76,8	14,7	4,1	4,1	8,3	25,9	21,2	22,4	3,5	2,9	2,9	4,1
Desvpad ⁽¹⁾	8,2	4,8	4,9	0,9	0,7	0,7	3,0	2,8	4,2	3,6	1,0	0,7	1,0	1,0
CV(% ⁽¹⁾)	10,7	7,2	7,1	6,5	22,8	22,8	67,4	11,7	27,4	20,7	39,1	35,5	51,5	34,9
n ⁽¹⁾	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 9.6 - NITRATO E NITRITO NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Nitrito (mg N.ℓ ⁻¹)							Nitrito (mg N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
29/10/99	0,4	0,3	0,3	2,9	2,9	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,9	0,6
03/11/99	0,4	0,4	0,4	0,3	3,5	0,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,6	1,6
10/11/99	0,4	0,2	0,3	0,2	2,7	1,4	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	2,0	1,4
12/11/99	0,2	0,2	0,2	0,2	3,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,8	0,6
01/12/99	0,6	0,5	0,5	0,3	2,4	0,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,8
06/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média ⁽¹⁾	0,4	0,3	0,3	0,4	2,9	0,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,9	1,0
Mínimo ⁽¹⁾	0,2	0,2	0,2	0,2	2,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,6
Máximo ⁽¹⁾	0,6	0,5	0,5	0,9	3,5	1,4	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	2,0	1,6
Desvpad ⁽¹⁾	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,5
CV(% ^o) ⁽¹⁾	35,4	40,7	37,7	77,6	14	55,2	70,2	-	-	-	-	57,4	74,5	46,9
n ⁽¹⁾	5	5	8	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 9.7 – NITROGÊNIO AMONIAICAL E SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NITROGÊNIO AMONIAICAL (mg N.ℓ ⁻¹)							Sd (ml.ℓ ⁻¹)				
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB	UASB	AFLA	AER	DEC
29/10/99	41,2	52,9	50,0	11,2	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,8	950	0
03/11/99	62,3	51,7	54,4	11,8	2,9	3,5	4,7	2,8	0,0	0,7	920	0
10/11/99	58,8	52,9	54,4	11,2	1,2	1,2	1,2	1,5	0,0	0,4	950	0
12/11/99	49,4	49,4	49,4	11,8	0,6	0,6	0,6	4,0	0,1	1,1	960	0
01/12/99	-	-	-	-	-	-	-	5,3	0,1	1,4	930	0
06/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/12/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	0
10/12/99	-	-	-	-	-	-	-	5,0	0,0	1,3	750	0
Média ⁽¹⁾	52,9	51,7	52,0	11,5	1,2	1,3	1,6	3,6	0,0	0,9	894	0,0
Mínimo ⁽¹⁾	41,2	49,4	49,4	11,2	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,4	750	0,0
Máximo ⁽¹⁾	62,3	52,9	54,4	11,8	2,9	3,5	4,7	5,3	0,1	1,4	960	0,0
Desvpad ⁽¹⁾	9,5	1,6	2,7	0,3	1,3	1,5	2,1	1,4	0,1	0,4	83,8	0,0
CV(%) ⁽¹⁾	18,0	3,2	5,2	3,0	106,4	115,5	129,7	40,1	154,9	41,5	9,4	-
n ⁽¹⁾	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	7	7

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. DEC = Decantador

7. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 9.8 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SUAS PARCELAS FIXA E VOLÁTIL, POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E TEMPERATURA DO CONTEÚDO HOMOGENEIZADO DO REATOR UASB NO EXPERIMENTO 9 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Sólidos (mg/l)			pH	T (° C)
	SST	SSF	SSV		
27/10/99	7 132	1 574	5 558	6,8	24
03/11/99	7 274	1 750	5 524	6,8	24
10/11/99	7 130	1 572	5 558	6,9	25
17/11/99	-	-	-	-	-
24/11/99	-	-	-	-	-
01/12/99	8 708	3 152	5 556	7	24
Média ⁽¹⁾	7 561,0	2 012,0	5 549,0	6,9	24,0
Mínimo ⁽¹⁾	7 130,0	1 572,0	5 524,0	6,8	24,0
Máximo ⁽¹⁾	8 708,0	3 152,0	5 558,0	7,0	25,0
Desvpad ⁽¹⁾	767,6	764,6	16,7	0,1	0,5
CV(% ^o) ⁽¹⁾	10,2	38,0	0,3	1,4	2,1
n ⁽¹⁾	4	4	4	4	4

(1) Valores Descritivos.

TABELA AE 10.1 – POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) E TEMPERATURA (T) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	PH							T (°C)						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
31/03/00	7,3	7,1	7,2	7,6	7,4	7,5	7,6	29	24	26	25	25	25	25
05/04/00	7,3	6,9	7,0	7,6	7,4	7,5	7,7	29	25	26	24	24	24	24
12/04/00	7,7	7,0	7,2	7,7	7,5	7,7	7,8	29	25	26	24	24	24	24
19/04/00	7,6	7,3	7,4	7,7	7,8	7,6	7,8	28	24	25	23	23	23	23
10/05/00	7,5	7,4	7,4	7,7	7,6	7,7	8,0	27	23	24	23	23	23	22
12/05/00	7,4	7,2	7,3	7,5	7,7	7,5	7,9	27	23	24	23	23	23	22
17/05/00	7,4	7,1	7,2	7,7	7,6	7,7	8,0	27	23	24	23	23	23	23
19/05/00	7,3	7,1	7,2	7,8	7,8	7,8	8,0	27	23	24	23	23	23	23
24/05/00	7,4	6,9	7,1	7,5	7,4	7,4	7,7	27	23	24	23	23	23	22
29/05/00	7,3	7,1	7,2	7,6	7,5	7,5	7,8	28	23	25	23	23	23	23
31/05/00	7,2	7,1	7,1	7,7	7,7	7,7	7,9	27	24	25	23	23	23	23
Média ⁽¹⁾	7,4	7,1	7,2	7,6	7,6	7,6	7,8	28,0	24,0	25,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Mínimo ⁽¹⁾	7,2	6,9	7,0	7,5	7,4	7,4	7,6	27,0	23,0	24,0	23,0	23,0	23,0	22,0
Máximo ⁽¹⁾	7,7	7,4	7,4	7,8	7,8	7,8	8,0	29,0	25,0	26,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Desvpad ⁽¹⁾	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,9
CV(%) ⁽¹⁾	2,0	2,1	1,7	1,2	2,0	1,7	1,7	3,3	3,4	3,2	2,9	2,9	2,9	4,1
n ⁽¹⁾	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico 1

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico 2

7. DEC = Decantador

TABELA AE 10.2 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	DQO (mg.ℓ ⁻¹)										DBO (mg.ℓ ⁻¹)				
	EB	EB _F	UASB	UASB _F	AFLA	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC	DEC _F	EB	UASB	AFLA	DEC	DEC _F
31/03/00	615	265	281	227	392	50	73	42	65	42	305	170	215	17	1
05/04/00	631	181	200	154	344	46	58	46	58	46	412	194	267	20	14
12/04/00	386	201	216	129	273	45	45	45	61	45	194	59	104	11	8
19/04/00	485	215	177	77	280	54	15	31	54	15	228	107	147	8	7
10/05/00	408	180	172	104	251	44	28	36	40	24	–	–	–	–	–
12/05/00	603	444	155	91	304	36	40	32	48	40	244	101	149	11	4
17/05/00	599	247	211	134	340	73	57	69	69	61	408	173	251	22	9
19/05/00	613	482	150	126	304	55	55	55	47	47	–	–	–	–	–
26/05/00	490	182	154	130	266	28	16	16	59	36	–	–	–	12	5
29/05/00	654	230	195	132	348	62	47	39	66	47	–	–	–	–	–
31/05/00	472	177	157	71	262	24	35	31	24	16	–	–	–	15	12
Média ⁽¹⁾	541,0	255,0	188,0	125,0	306,0	47,0	43,0	40,0	54,0	38,0	299,0	134,0	189,0	15,0	8,0
Mínimo ⁽¹⁾	386,0	177,0	150,0	71,0	251,0	24,0	15,0	16,0	24,0	15,0	194,0	59,0	104,0	8,0	1,0
Máximo ⁽¹⁾	654,0	482,0	281,0	227,0	392,0	73,0	73,0	69,0	69,0	61,0	412,0	194,0	267,0	22,0	14,0
Desvpad ⁽¹⁾	95,4	107,3	39,0	42,7	45,0	14,3	18,2	14,0	13,3	14,6	93,6	52,6	65,1	4,9	4,2
CV(% ⁽¹⁾)	17,6	42,1	20,7	34,2	14,7	30,4	42,6	34,7	24,7	37,5	31,3	39,3	34,5	33,6	56,6
n ⁽¹⁾	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	6	6	6	8	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 10.3 - ALCALINIDADE DE BICARBONATO (AB) E DE ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS (AAGV) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	AB (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)							AAGV (mg CaCO ₃ .ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
31/03/00	258	312	294	205	182	176	174	54	55	55	13	14	20	14
05/04/00	301	391	361	237	198	207	208	65	51	56	17	21	18	21
12/04/00	431	408	416	222	171	161	162	23	40	34	14	11	31	10
19/04/00	403	252	302	214	192	202	193	40	30	33	18	13	17	16
10/05/00	354	360	358	230	180	189	195	58	54	55	21	17	20	9
12/05/00	326	314	318	209	175	177	177	86	66	73	17	19	20	17
17/05/00	290	314	306	282	218	221	257	87	89	88	42	34	47	57
19/05/00	252	263	259	273	237	232	249	83	73	76	27	21	25	19
26/05/00	262	322	302	170	134	139	141	50	44	46	18	16	13	10
29/05/00	261	305	290	214	154	155	147	88	48	61	23	10	17	14
31/05/00	250	373	332	192	157	148	149	70	47	55	13	-	11	14
Média ⁽¹⁾	308,0	329,0	322,0	223,0	182,0	182,0	187,0	64,0	54,0	58,0	20,0	18,0	22,0	18,0
Mínimo ⁽¹⁾	250,0	252,0	259,0	170,0	134,0	139,0	141,0	23,0	30,0	33,0	13,0	10,0	11,0	9,0
Máximo ⁽¹⁾	431,0	408,0	416,0	282,0	237,0	232,0	257,0	88,0	89,0	88,0	42,0	34,0	47,0	57,0
Desvpad ⁽¹⁾	63,5	49,6	43,0	32,7	29,3	30,5	39,2	21,4	16,4	16,8	8,4	6,9	10,0	13,4
CV(% ⁽¹⁾)	20,6	15,1	13,4	14,7	16,1	16,7	21,0	33,4	30,3	29,2	41,3	39,4	45,9	73,3
n ⁽¹⁾	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	11	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 10.4 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS DO ESGOTO BRUTO, AFLUENTE DO SISTEMA DE LODO ATIVADO E EFLUENTES DO UASB, ANÓXICO1, AERÓBIO, ANÓXICO2 E DECANTADOR DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 10

DATA	SST (mg.ℓ ⁻¹)							SSF (mg.ℓ ⁻¹)						
	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AN1	AER	AN2	DEC
31/03/00	266	73	137	–	3 046	3 078	42	70	37	48	–	600	846	18
05/04/00	422	62	182	3 140	3 294	3 904	40	36	–	–	878	556	682	10
12/04/00	188	87	121	5 242	4 596	5 484	16	25	4	11	994	764	–	4
19/04/00	233	106	148	3 696	3 394	3 474	40	31	50	44	1 022	532	686	12
10/05/00	135	28	64	3 062	3 254	2 782	22	73	10	31	886	–	596	–
12/05/00	170	57	95	2 720	2 822	3 328	28	31	10	17	598	870	494	2
17/05/00	262	82	142	2 558	2 708	3 086	40	84	74	77	1 192	398	798	20
19/05/00	112	56	75	–	2 214	2 420	28	–	–	–	–	462	400	12
26/05/00	222	84	130	–	–	–	18	52	–	–	–	–	–	6
29/05/00	288	70	143	2 418	2 434	2 284	10	133	32	66	700	950	1 008	–
31/05/00	211	40	97	2 984	3 178	2 738	26	39	16	24	836	940	398	–
Média ⁽¹⁾	228,0	68,0	121,0	3 228,0	3 094,0	3 258,0	28,0	57,0	29,0	40,0	888,0	675,0	656,0	11,0
Mínimo ⁽¹⁾	112,0	28,0	64,0	2 418,0	2 214,0	2 284,0	10,0	25,0	4,0	11,0	598,0	398,0	398,0	2,0
Máximo ⁽¹⁾	422,0	106,0	182,0	5 242,0	4 596,0	5 484,0	42,0	133,0	74,0	77,0	1 192,0	950,0	1 008,0	20,0
Desvpad ⁽¹⁾	84,4	22,3	35,3	905,0	654,4	921,0	11,1	33,5	24,1	23,4	186,6	210,4	207,3	6,4
CV(%) ⁽¹⁾	37,0	32,9	29,1	28,0	21,2	28,3	39,4	58,3	82,6	59,1	21,0	31,2	31,6	60,9
n ⁽¹⁾	11	11	11	8	10	10	11	10	8	8	8	9	9	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

TABELA AE 10.5 – SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (SSV); SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (Sd) E TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (TCO) NO EXPERIMENTO 10, COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	SSV (mg.ℓ ⁻¹)							Sd (mℓ.ℓ ⁻¹)					TCO (mg O ₂ .ℓ ⁻¹ f ⁻¹)
	EB	UASB	AFLA	ANI	AER	AN2	DEC	EB	UASB	AFLA	AER	DEC	AER
31/03/00	196	36	89	–	2 446	2 232	24	4,5	0	1,5	600	0,5	88
05/04/00	386	–	–	2 262	2 738	3 222	30	4	0	1,3	810	0	79
12/04/00	163	83	110	4 248	3 832	4 436	12	4,5	0,5	1,8	920	0	112
19/04/00	192	56	101	2 674	2 862	2 788	28	1,5	0	0,5	760	0,5	62
10/05/00	62	18	33	2 176	–	2 186	–	–	–	–	–	–	52
12/05/00	139	47	78	2 122	1 952	2 834	26	–	–	–	–	–	56
17/05/00	178	8	65	1 366	2 310	2 288	20	4	0,5	1,7	800	0	55
19/05/00	–	–	–	–	1 752	2 020	16	2,5	0	0,8	800	0	56
24/05/00	170	–	–	–	–	–	11	–	–	–	–	–	51
29/05/00	155	38	77	1 718	1 484	1 276	–	–	–	–	–	–	64
31/05/00	172	24	73	2 148	2 238	2 340	–	–	–	–	–	–	54
Média ⁽¹⁾	181,0	39,0	78,0	2 339,0	2 402,0	2 562,0	21,0	3,5	0,0	1,3	782,0	0,0	66
Mínimo ⁽¹⁾	62,0	8,0	33,0	1 366,0	1 484,0	1 276,0	11,0	1,5	0,0	0,5	600,0	0,0	51
Máximo ⁽¹⁾	386,0	83,0	110,0	4 248,0	3 832,0	4 436,0	30,0	4,5	0,5	1,8	920,0	0,5	112
Desvpad ⁽¹⁾	81,3	23,7	23,7	862,3	695,9	842,9	7,3	1,2	0,3	0,5	104,0	0,3	19,2
CV(% ⁽¹⁾)	44,8	61,1	30,3	36,9	29,0	32,9	34,9	35,0	154,9	40,1	13,3	154,9	28,9
n ⁽¹⁾	10	8	8	8	9	10	8	6	6	6	6	6	11

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. ANI = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. DEC = Decantador

TABELA AE 10.6 - NITROGÊNIO KJELDAHL (NTK) E NITROGÊNIO ORGÂNICO NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NTK (mg.N.ℓ ⁻¹)							Nitrogênio orgânico (mg.N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	DEC _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
31/03/00	74,1	55,3	61,6	11,2	5,9	5,9	5,9	36,5	17,6	23,9	4,7	4,1	4,1	4,1
05/04/00	74,1	65,9	68,6	11,8	3,5	3,5	3,5	27,0	11,8	16,9	2,9	1,8	1,8	1,8
12/04/00	68,2	65,9	66,7	13,5	3,5	3,5	3,5	21,2	15,3	17,3	3,5	1,8	1,8	1,8
19/04/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/05/00	55,3	35,3	42,0	5,9	2,4	2,4	2,4	18,8	8,2	11,7	1,8	1,8	1,8	1,8
12/05/00	63,5	41,2	48,6	4,1	1,2	1,2	1,2	20,0	7,1	11,4	0,0	0,6	0,6	0,6
17/05/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/05/00	64,7	48,2	53,7	24,1	17,6	16,5	17,6	22,3	10,6	14,5	4,1	2,9	2,9	2,9
24/05/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/05/00	63,5	-	-	12,3	2,9	3,5	2,9	12,9	-	-	2,4	1,8	2,4	1,8
31/05/00	47,0	52,9	50,9	10,0	2,4	1,8	1,8	4,7	2,4	3,2	2,4	1,8	1,2	1,2
Média ⁽¹⁾	63,8	52,1	56,0	11,6	4,9	4,9	4,9	20,4	10,4	14,1	2,7	2,1	2,0	2,1
Mínimo ⁽¹⁾	47,0	35,3	42,0	4,1	1,2	1,2	1,2	4,7	2,4	3,2	0,0	0,6	0,6	0,6
Máximo ⁽¹⁾	74,1	65,9	68,6	24,1	17,6	17,6	17,6	36,5	17,6	23,9	4,7	4,1	4,1	4,1
Desvpad ⁽¹⁾	9,2	11,6	9,9	6,0	5,3	5,3	5,3	9,4	5,1	6,4	1,5	1,0	1,1	1,1
CV(% ⁽¹⁾)	14,4	22,3	17,7	51,7	107,5	107,9	110,0	45,8	49,1	45,4	53,6	49,3	51,7	53,4
n ⁽¹⁾	8	7	7	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 10.7 - NITRATO E NITRITO DO ESGOTO BRUTO, AFLUENTE DO SISTEMA DE LODO ATIVADO E EFLUENTES DO UASB, ANÓXICO 1, AERÓBIO, ANÓXICO 2 E DECANTADOR DO SISTEMA DE LODO ATIVADO NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Nitrito (mg.N.ℓ ⁻¹)							Nitrito (mg.N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
31/03/00	0,3	0,3	0,3	0,3	1,1	0,7	2,8	-	-	-	-	-	-	-
05/04/00	0,6	0,5	0,5	0,5	3,8	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,9	0,1
12/04/00	0,7	0,4	0,5	0,4	4,8	2,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,0	0,5
19/04/00	0,8	0,2	0,4	0,4	3,0	1,7	1,0	0,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,5	0,3
10/05/00	0,1	0,0	0,1	5,0	10,3	10,3	10,3	0,1	0,1	0,1	0,8	0,4	0,2	0,5
12/05/00	0,4	0,3	0,3	10,0	13,8	13,5	13,1	0,0	0,0	0,0	1,2	1,0	0,7	0,1
17/05/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/05/00	0,3	0,2	0,2	0,4	1,4	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,1	0,5
24/05/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/05/00	0,2	0,1	0,1	0,4	5,9	5,8	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,7	1,2
31/05/00	0,3	0,3	0,3	0,4	6,4	4,1	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,6	1,6
Média ⁽¹⁾	0,4	0,3	0,3	2,0	5,6	4,6	5,0	0,1	0,0	0,0	0,3	1,1	1,1	0,6
Mínimo ⁽¹⁾	0,1	0,0	0,1	0,3	1,1	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
Máximo ⁽¹⁾	0,8	0,5	0,5	3,4	4,2	4,5	4,6	0,6	0,1	0,2	1,2	1,9	2,1	1,6
Desvpad ⁽¹⁾	0,2	0,1	0,2	3,1	4,3	4,8	4,9	0,2	0,0	0,1	0,5	0,7	0,6	0,5
CV(% ⁽¹⁾)	56,3	58,4	51,5	171,3	74,2	98,1	96,2	258,9	282,8	225,3	170,2	67,0	59,5	89,7
n ⁽¹⁾	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. f indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 10.8 – NITROGÊNIO AMONIACAL NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	NITROGÊNIO AMONIACAL (mg.N.ℓ ⁻¹)						
	EB _F	UASB _F	AFLA _F	AN1 _F	AER _F	AN2 _F	DEC _F
31/03/00	37,6	37,6	37,6	6,5	1,8	1,8	1,8
05/04/00	47,0	54,1	51,7	8,8	1,8	1,8	1,8
12/04/00	47,0	50,6	49,4	1,8	1,8	1,8	1,8
19/04/00	46,1	17,3	26,9	1,7	0,8	0,8	0,7
10/05/00	36,5	27,0	30,2	4,1	0,6	0,6	0,6
12/05/00	43,5	34,1	37,2	4,1	0,6	0,6	0,6
17/05/00	-	-	-	-	-	-	-
19/05/00	42,3	37,6	39,2	20,0	14,7	14,1	14,7
24/05/00	-	-	-	-	-	-	-
29/05/00	50,6	36,5	41,2	10,0	1,2	1,2	1,2
31/05/00	42,3	50,6	47,8	7,6	0,6	0,6	0,6
Média ⁽¹⁾	43,7	38,4	40,1	8,3	2,7	2,6	2,6
Mínimo ⁽¹⁾	36,5	17,3	26,9	1,7	0,6	0,6	0,6
Máximo ⁽¹⁾	50,6	54,1	51,7	20,0	14,7	14,1	14,7
Desvpad ⁽¹⁾	4,6	11,9	8,4	5,6	4,5	4,4	4,6
CV(%) ⁽¹⁾	10,5	31,1	21,0	78,3	171,5	168,2	172,2
n ⁽¹⁾	9	9	9	9	9	9	9

(1) Valores Descritivos.

NOTAS: 1. EB = Esgoto bruto

2. UASB = Reator UASB

3. AFLA = Afluente do Sistema de lodo ativado

4. AN1 = Reator anóxico I

5. AER = Reator aeróbio

6. AN2 = Reator anóxico II

7. DEC = Decantador

8. F indica que a amostra é filtrada

TABELA AE 10.9 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) NO EXPERIMENTO 10 COM SEUS RESPECTIVOS VALORES DESCRITIVOS

DATA	Sólidos (mg.ℓ ⁻¹)		
	SST	SSF	SSV
05/04/00	5 304	1 416	3 888
12/04/00	7 416	2 106	5 310
10/05/00	5 754	2 090	3 664
17/05/00	4 646	1 118	3 528
24/05/00	5 792	1 840	3 952
31/05/00	4 542	1 900	2 642
Média ⁽¹⁾	5 576,0	1 745,0	3 831,0
Mínimo ⁽¹⁾	4 542,0	1 118,0	2 642,0
Máximo ⁽¹⁾	7 416,0	2 106,0	5 310,0
Desvpad ⁽¹⁾	1 046,1	395,9	864,7
CV(%) ⁽¹⁾	18,8	22,7	22,6
n ⁽¹⁾	6	6	6

(1) Valores Descritivos.