UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA CIVIL

Estudos experimentais sobre tratabilidade biologica de efluentes domesticos utilizando um meio fluidificado

VIOLANTE MARIA DE SOUSA SEABRA

PORTO, 30.04.93

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Biblioteca H
Nº
CDU 624(047.3)/LEEC1992/SEAv
Data 06/10/2009

APRECIAÇÃO

O trabalho efectuado no âmbito do PRODEP pela aluna Violante Maria de Sousa Seabra intitulado "**Estudos Experimentais Sobre a Tratabilidade Biológica de Efluentes Domésticos Utilizando um Meio Fluidificado**" representa um contributo importante para o conhecimento de uma nova técnica de depuração de águas residuais ainda hoje pouco aplicada em Portugal.

A aluna Violante Seabra apresenta capacidades para executar trabalhos de investigação que requerem a mobilização de importantes meios técnicos e analíticos e demonstra um aceitável domínio dos temas analisados.

Por último, este trabalho constitui um promissor começo para uma vida profissional que a jovem Engenheira agora inicia e que será, certamente, muito auspicioso.

Porto, 3 de Dezembro de 1993

Paulo Santos Monteiro

CECUP Centro de Engenharia Civil da Universidade do Porto

Laboratório de Engenharia Sanitária • Faculdade de Engenharia

RUA DOS BRAGAS • 4099 PORTO CODEX

TELEFS. 32 30 01 / 31 71 05 • FAX 31 92 80

APRECIAÇÄO

"ESTUDOS EXPERIMENTAIS SOBRE TRATABILIDADE BIOLOGICA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS UTILIZANDO UM MEIO FLUIDIFICADO", por Violante Maria de Sousa Seabra, 1993

De acordo com os resultados obtidos nos estudos relativos à eficácia de tratamento, o sistema de tratamento biológico desenvolvido apresenta um interessante alternativo aos outros sistemas convencionais, especialmente ao de lamas activadas.

A maior parte de trabalho executada nos estudos é baseada nas observaçöes locais e análises laboratoriais que revela dados valiosos servindo para o melhoramento do processo nos aspectos tais como consumo energético, circuito hidráulico, material de construçäo e requerimento em operaçäo e conservaçäo.

Porto, 7 de Dezembro de 1993

Dr. Chia-Yau Cheng

PREÂMBLO

O presente trabalho foi elaborado na sequência do projecto titulado PRODEP, do programa de investigação de estagios profissionais para licenciaturas de 1992/1993.

O trabalho foi realizado em duas partes principais, nomedamente um estudo bibliográfico, e um estudo da instalação da ETAR piloto.

Apresento os meus agradecimentos:

- Ao PRODEP a possibilidade de desenvolver este projecto.
- Ao Laboratório de Hidráulica da FEUP, pela sedência do meio de enchimento utilizado no projecto.
- Ao Laboratório de Engenharia Sanitária da FEUP, pela disponibilização dos meios para efectuar as análises, e construção da ETAR piloto.
- Ao Dr Cheng pela ajuda prestada como orientador.

ÍNDICE

1) Introdução

2) Descrição do processo alternativo de tratamento biológico

2.1. Descrição do modelo na ETAR piloto

2.2. Descrição do modelo na ETAR privada

3) Resultados das análises

3.1. Resultados das análises na ETAR piloto

3.2. Resultados das análises na ETAR privada

3.3. Métodos utilizados nas análises efectuadas

4) Conclusões

1. INTRODUÇÃO

A depuração de esgotos domésticos em Portugal é, em maior parte, efectuada por ETARs (Estações de Tratamento de Águas Residuais), contemplando os seguintes processos biológicos:

- Lamas activadas (anexo 1)
- Leitos percoladores (anexo 2)
- Lagunagem
- Biodiscos

Os processos de lagunagem e biodiscos, embora apresentem vantagens como custo de operação reduzido, exigem respectivamente grande área de terreno e alto custo de investimento inicial.

Ambos os processos têm como principal desvantagem de pouca flexibilidade em termos de operação e controlo. Consequentemente, a qualidade dos efluentes tratados depende das condições atmosféricas, concentrações dos poluentes afluentes ou caudais a tratar.

O processo de lamas activadas é altamente eficaz contudo o qual requer adequada operação e controlo, exige elevado consumo de energia eléctrica e, ainda, apresenta incómodos tais como ruído, espuma e aerosois.

O processo por caso de leitos percoladores apresenta inconvinientes semelhantes aos encontrados nos processos de

lagunagem e biodiscos, embora tenha vantagem económica no aspecto de custo de exploração.

Sendo assim, é evidente que um processo "ideal" de tratamento biológico deverá apresentear vantagens tais como:

- alta eficácia de depuração;
- baixos custos de investimento e exploração;
- controlo fácil e flexível em operação.

O processo de tratamento por filtro biológico arejado foi formulado nos anos 70 em laboratório como alternativo ao processo de biodiscos, tendo em consideração a possível substituição do uso de discos rotativos tanto para depuração de esgoto doméstico como tratamento específico de efluentes industriais.

2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO ALTERNATIVO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO

O processo alternativo de tratamento biológico em estudo, designado como "Filtro Biológico Arejado", tem equipamento semelhante ao do processo de lamas activadas convencional, como apresentado no fluxograma apresentado no anexo 3. Contudo no tanque de arejamento é instalado meio de enchimento em peças de plástico de Ø 220 mm * 5 mm. Com área específica de 90 m2/m3.

As águas residuais, após gradagem e remoção de gorduras, são conduzidas para o tanque de arejamento onde a concentração

de oxigénio dissolvido é mantida na ordem de 0.5 - 1.5 mg/l através duma grelha de difusores e compressor de ar.

No tanque de arejamento os microorganismos crescem rapidamente sobre a superfície do enchimento durante um curto período denominado de arranque. Uma vez que o crescimento dos microorganismos é função da carga orgânica introduzida no tanque de arejamento e da força induzida pelo arejamento, a quantidade dos microorganismos desenvolvida é auto-regulada resultando uma eficácia de tratamento notavelmente constante.

O efluente do tanque de arejamento contém sólidos em suspensão (SS) biológicos, os quais são removidos por gravidade num tanque de decantação. Tipicamente, as concentraçôes de SS no tanque de arejamento são suficientemente reduzidas (20 - 40 mg/l), o efluente pode ser descarregado directamente sem decantação, contudo, é indispensável que uma parte da descarga final seja recirculada para o tanque de arejamento.

Com o processo anteriormente descrito vou comprovar que este método de efectuar o tratamento é o mais eficaz, para tal vou proceder a dois estudos em paralelo:

- um dos estudos vai ser efectuado na ETAR piloto;
- o outro dos vai ser efectuado numa ETAR privada recentemente construída.

No anexo 4 apresento fotografias da ETAR piloto, e da ETAR privada.

2.1. DESCRIÇÃO DO MODELO NA ETAR PILOTO

No trabalho efectuado no Laboratório de Engenharia Sanitária da FEUP, foi construída uma estação de tratamento piloto. No anexo 5 apresento um esquema do funcionamento da ETAR piloto.

A fase de arranque desta estação piloto, foi a construção da mesma, tanque de alimentação, tanque de arejamento e sedimentador, como se mostra na fotografia do anexo 6.

- Tanque de alimentação (T1) -

É um tanque servindo como tanque de igualização do esgoto, a jusante do qual o esgoto é introduzido no tanque de arejamento através de uma bomba doseadora (P1) tipo peristáltica com caudal ajustável, que apresento no anexo 7.

Numa primeira fase foi necessário calibrar a bomba de modo que o tempo de retenção fosse sensivelmente 24 horas.

Para facilidade de operação o esgoto utilizado foi em certas diluições leite e água, na fase final do projecto foi utilizado esgoto doméstico decantado obtido na Estação de

- Tanque de arejamento (T2) -

É um tanque de arejamento, apresentado no anexo 8, é um bidão de PVC com volume de 25 litros, e altura útil de 65 cm e diâmetro de 50 cm. No tanque foram colocadas 13 peças de enchimento apresentado no anexo 9, e 2 difusores de ar tipo bolha média.

A área superficial do enchimento é da ordem de 15 m2, sendo a área específica do mesmo de 90 m2/m3.

O ar comprimido foi fornecido por um compressor de ar eléctrico. O ar distribuido pelos difusores é suficiente para manter o conteúdo do tanque em mistura completa e a concentração de oxigénio dissolvido superior a 0.5 mg/l.

No anexo 10 apresento uma fotografia dos difusores utilizados na ETAR privada.

- Sedimentador (T3) -

O sedimentador final é constituido por um recipiente em PVC com volume de 4.5 litros e diâmetro de 20 cm. O fundo do sedimentador tem forma de funil, o que facilita a concentração dos sólidos sedimentados.

2.2. DESCRIÇÃO DO MODELO NA ETAR PRIVADA

Recentemente foi construída uma ETAR privada, que vai contribuir para o estudo deste projecto. A ETAR consiste num tanque de igualização e num tanque de arejamento semelhante ao instalado na ETAR piloto. A referida ETAR tem o esquema de funcionamento que se apresenta no anexo 11, e algumas fotografias do tanque de arejamento são apresentadas no anexo 12.

De salientar que o esgoto afluente à ETAR é de origem doméstica e contém elevada quantidade de sólidos flutuantes e gorduras, os quais exigem a instalação de uma grade e um tanque de desengorduramento.

Apresentam-se em seguida algumas observações ás condições de funcionamento da ETAR:

- A existência de espumas na superfície do tanque de arejamento que é normal na fase de arranque, diminuirá ao longo do tempo de funcionamento.

- Uma vez que ETAR se localiza numa zona baixa, objectos mais leves tais como papéis e sacos plásticos caem nos tanques de desengorduramento e de igualização.

- Devido à utilização do meio de enchimento (apresentado no anexo 9) no tanque de arejamento, os microorganismos responsáveis pela depuração dos efluentes, as lamas activadas, não se encontram em suspensão mas fixos na superfi-

cie do meio de enchimento resultando concentrações de sólidos em suspensão muito baixas no efluente tratado.

- A produção de lamas em excesso no tanque de arejamento é insignificante pelo que não há necessidade de efectuar a remoção de lamas para os leitos de secagem.

- A ETAR embora não necessite de um operador permanente, exige manutenção de rotina, nomeadamente a remoção de sólidos e gorduras acumulados na grade e no tanque de desengorduramento com a frequência de 2 vezes por semana.

3. RESULTADOS DAS ANÁLISES

Ao longo do estudo efectuado foram realizadas diversas análises tanto na ETAR piloto como na ETAR privada, para que se pudesse acompanhar da evolução do tratamento em relação a diversos parâmetros a indicar; foram feitas mais determinações na ETAR privada, para se obter resultados mais reais.

3.1. RESULTADOS DAS ANÁLISES NA ETAR PILOTO

Os parâmetros estudados foram os seguintes:

- pH;
- CQO.

No anexo 13 apresento os resultados das referidas

análises na ETAR piloto, durante o tempo em que decorreu o projecto.

3.2. RESULTADOS DAS ANÁLISES NA ETAR PRIVADA

Os parâmetros estudados foram os seguintes:

- pH;
- temperatura;
- sólidos em suspensão;
- sólidos sedimentáveis;
- CBO5, carência bioquimica de oxigénio;
- CQO, carência quimica de oxigénio;
- azoto total Kjeldahl;
- azoto amoniacal;
- fósforo total;
- oxigénio dissolvido;
- sólidos volateis;
- transparência.

Estes parâmetros foram determinados em vários pontos da ETAR, sendo os resultados apresentados no anexo 14.

3.3. MÉTODOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES EFECTUADAS

Das análises que se apresentam neste capítulo vou detalhar com fotografias os equipamentos e as fases de determinação

analítica os seguintes parâmetros:

- CQO - apresentam-se no anexo 15 o condensador e as mantas de aquecimento para o CQO, no anexo 16 as fases da análise quando a amostra está a ser aquecida, no anexo 17 e 18 a titulação.

- CBO - apresenta-se no anexo 19 a preparação dos frascos para o CBO.

- Azoto - apresentam-se no anexo 20 os condensadores e as mantas de aquecimento para o Azoto, no anexo 21 a evolução da análise e no anexo 22 a sequência da titulação.

Os métodos utilizados na determinação das análises, que apresento no anexo 23, são os preconizados no " Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater", e exigidos pelo Decreto-Lei nº 74/90.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises relativas às eficácias de tratamento das Estação piloto e Estação privada, pode-se concluir que:

- O sistema de tratamento do tipo filtro biológoco arejado é um processo de tratamento de simples em construção

e fácil em operação e manutenção.

- O tempo que demora para o arranque do tanque de arejamento é de apenas, de 3-4 semanas comparando com os 2-3 meses dos outros processos de tratamento aeróbios.

- A eficácia do tratamento da Estação piloto para esgoto decantado atinge 83 e 96% em termos de redução de CQO e CBO, respectivamente.

- A eficácia de depuração observada na Estação privada, em termos de redução de CQO e CBO é de 76.4 e 89.4 %, respectivamente.

- A qualidade das águas residuais tratadas é considerada suficiente para vários tipos reutilização tais como rega, lavagem de pavimentos e instalações sanitárias.

No anexo 24 é apresentado um quadro que representa em termos médios, a concentração dos diferentes parâmetros nos diversos pontos, enquanto no anexo 25 apresenta-se uma representação gráfica dos referidos valores.

Para se poder comprovar da eficácia deste tratamento apresento no anexo 26 uma fotografia com esgoto dos diferentes pontos.

BIBLIOGRAFIA

1. C. Cheng (1977) Nitrification of high strength efluents using submerged rotating biodrum, MSc Thesis, University of Newcastle upon Tyne, UK.

2. C. Cheng (1993) ETAR da KUNERT PORTUGUESA: Melhoramento do processo nas vertentes técnica e económica, 2ª Conferência sobre tratamento de efluentes industriais, Lisboa, Março 1993.

3. J.J. Heijnen, M.C.M. Van Loosdrecht, A. Mulder and L. Tijhuis (1992) Formation of biofilms in a biofilm air-lift suspension reactor, Wat. Sei. Tech. Vol.26,Nº3-4,pp.647-654

4. Y.S. Cao, G.J. Alaerts, C.M. Hooijmans and H.J. Lubberding (1992) Oxygen consumption and organics decomposition in drainage systems with attached biofilm,Idem pp.683-692

5. R. Pujol, J.P. Canler and A. Iwema (1992) Biological aerated filter: an attractive and atternative biological process, Idem pp. 693-702

6. B. Rusten, H.Ødegaard and A. Lundar (1992) Treatement of dairy wastewater in a movel moving bed biofilm reactor, Idem pp.703-711

7. G. Rylviner, B. Birou and H. Gros (1992) The Use of submerged structured packings in biofilm reactors for wastewater treatment, Idem pp.723-731

8. P. Sagberg, P. Dauthuille and M. Hamon (1992) Biofilm Reactors: A compact solution for the upgrading of waste water treatment plants, Idem pp.733-742

9. D. Amar, J. Partos, C. Granet, G.M. Faup and J.M. Andic (1986) The use of an up-flow fixed bed reactor for treatment of a primary settled domestic sewage, Water Reseach, Vol 20 pp.9-14

10. A. M. Bruce and J. c. Merkens (1975) Developments in sewage treatment for small communities, proc. of Symposium in biological waste treatment at Loughborough University, U.K.

ANEXO 1



Tratamento por lamas activadas

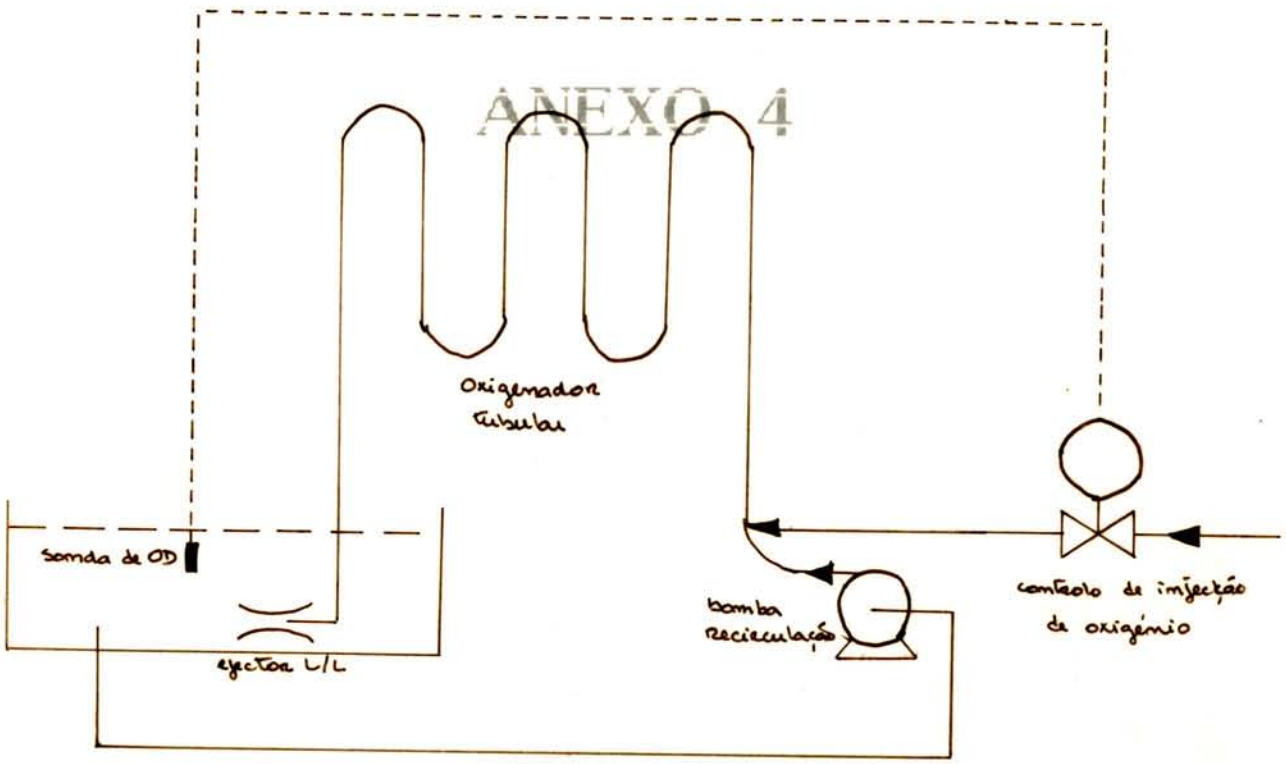
ANEXO 2



Tratamento por leitos percoladores

ANEXO 3

ANEXO 4


Oxigenador tubular
sonda de OD
ejector L/L
bomba recirculação
controlo de injecção de oxigénio

ANEXO 4



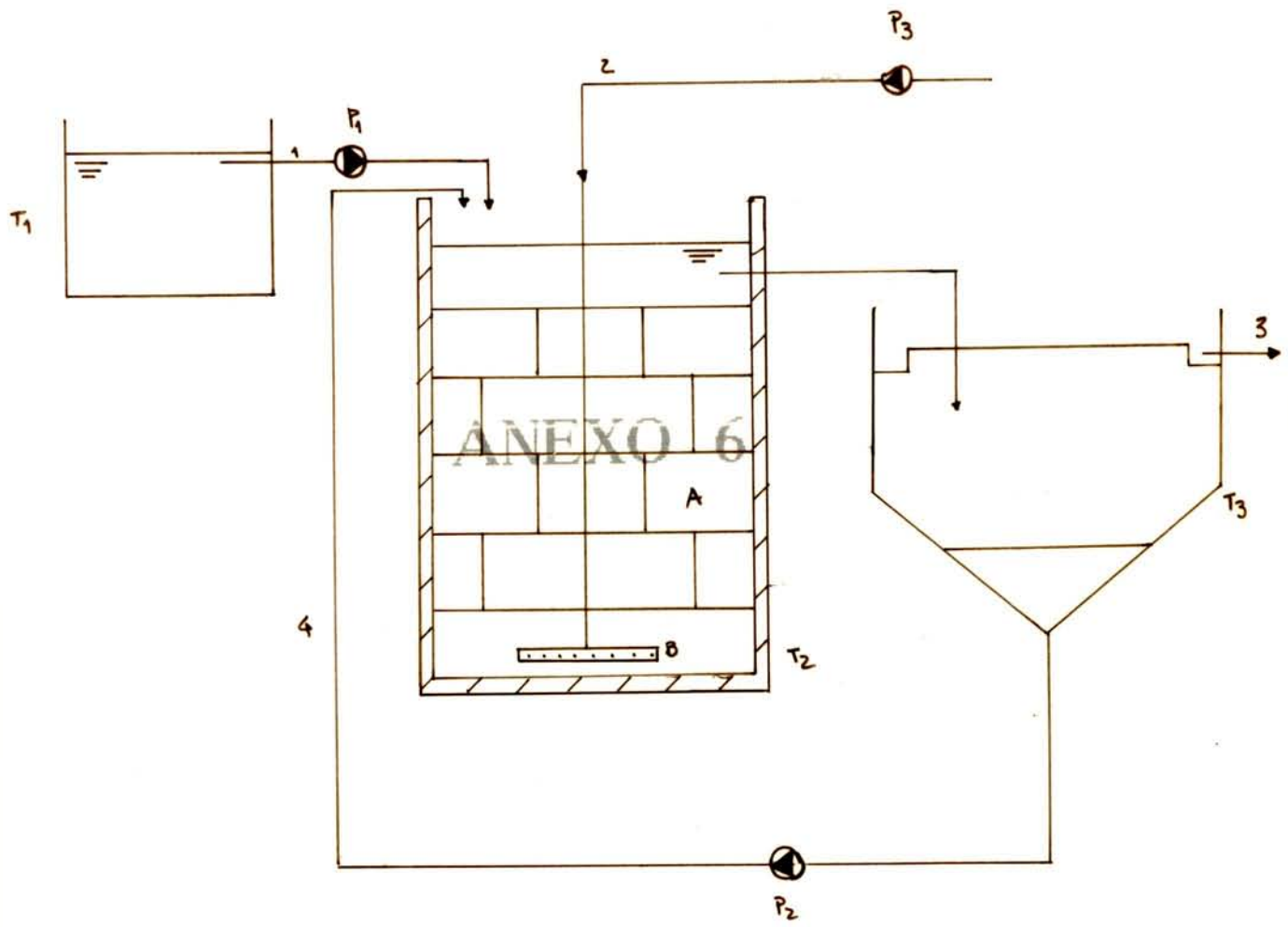
Vista do tanque de arejamento da ETAR privada



ETAR piloto

ANEXO 5

FLUXOGRAMA DA ETAR PILOTO



ANEXO 6

A: Enchimento em plástico
B: Difusor de ar
1: Entrada do esgoto
2: Ar comprimido
3: Esgoto tratado
4: Lamas recirculadas
P1: Bomba de alimentação
P2: Bomba de recirculação de lamas
P3: Compressor de ar
T1: Tanque de alimentação
T2: Tanque de arejamento
T3: Tanque de decantação

ANEXO 6



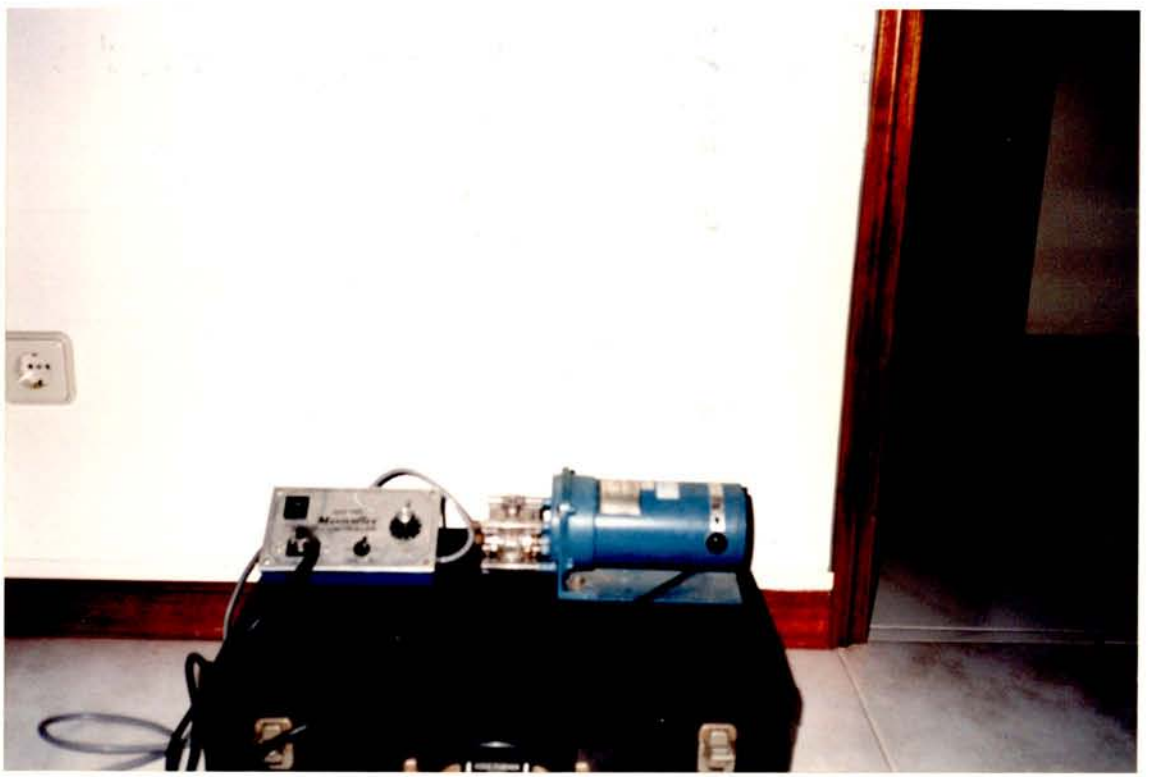
ETAR piloto

T1 - tanque de alimentação

T2 - tanque de arejamento

T3 - tanque de decantação ou sedimentador

ANEXO 7



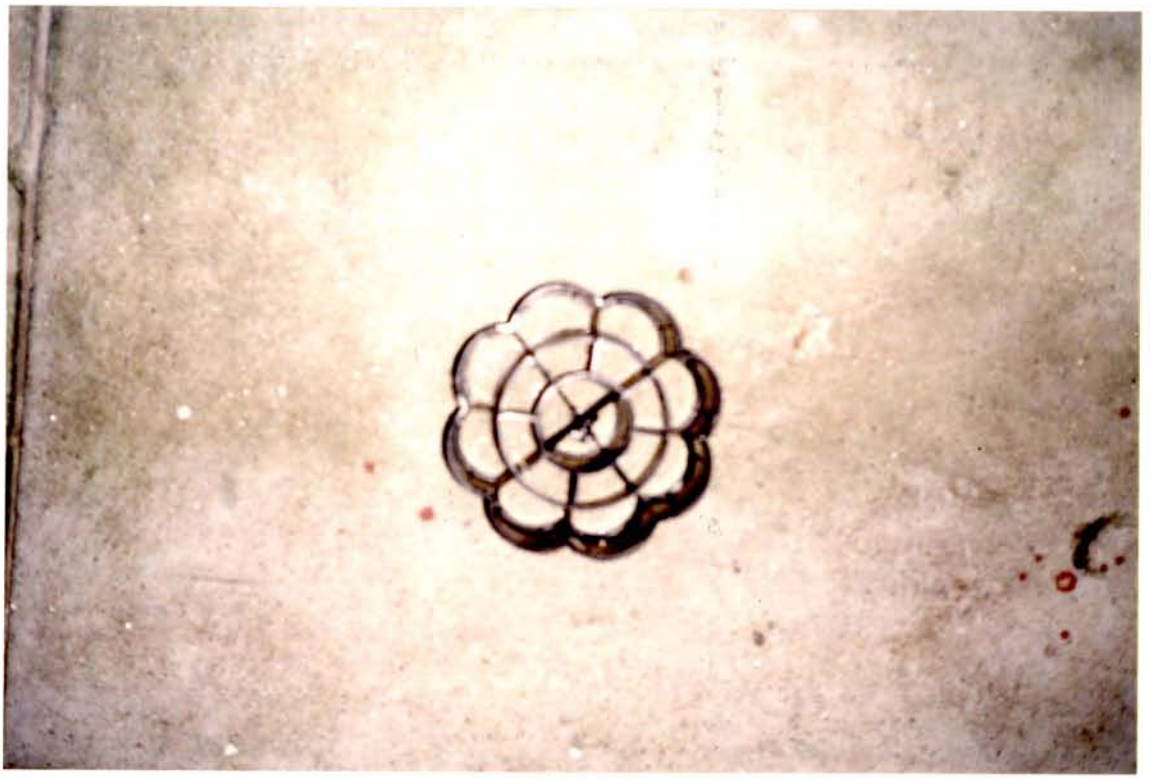
Bomba de alimentação (doseadora) da ETAR piloto

ANEXO 8



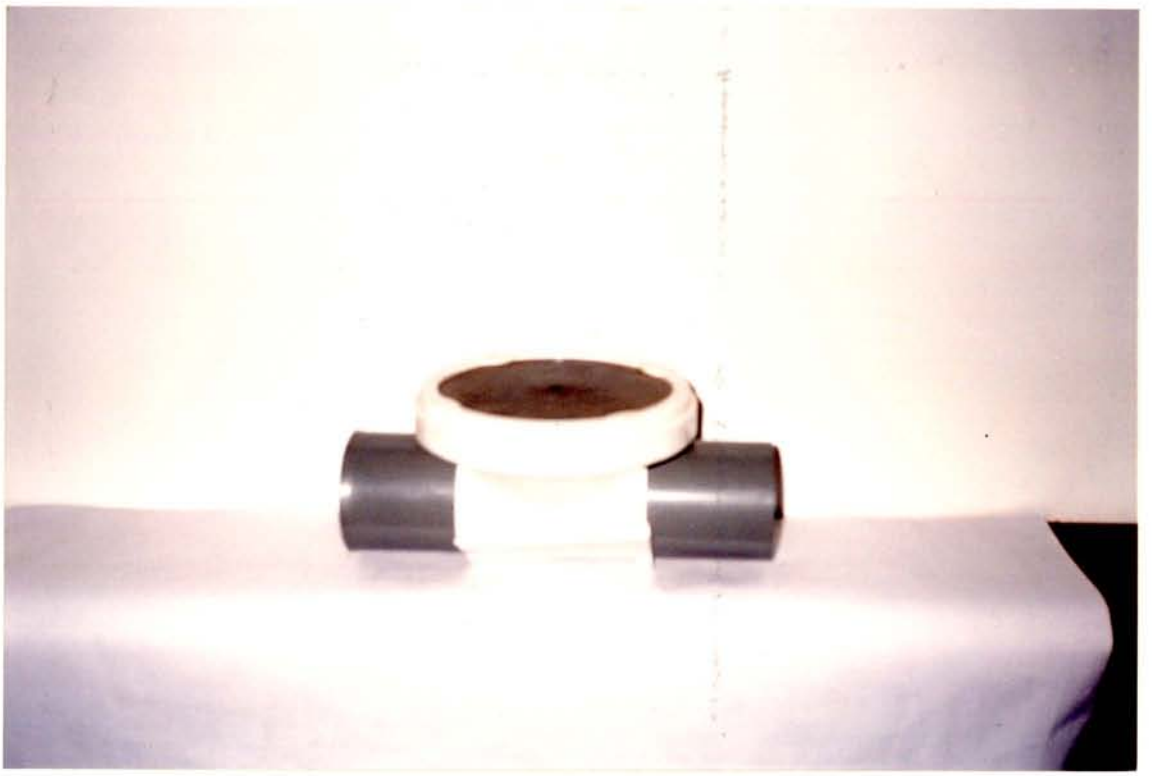
tanque de arejamento da ETAR piloto

ANEXO 9



meio de enchimento da ETAR privada

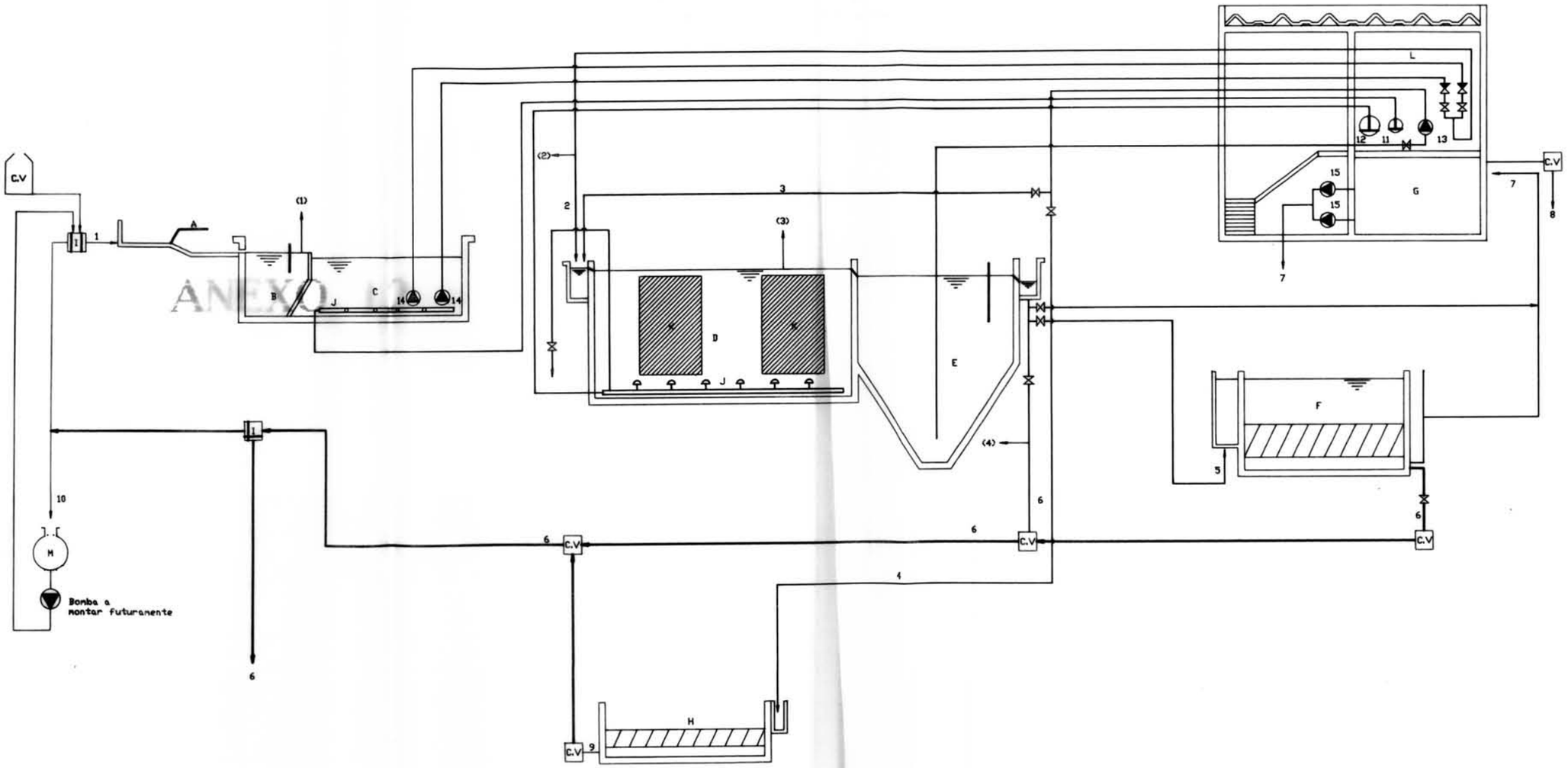
ANEXO 10



difusor da ETAR privada

ANEXO 11

FLUXOGRAMA DA ETAR

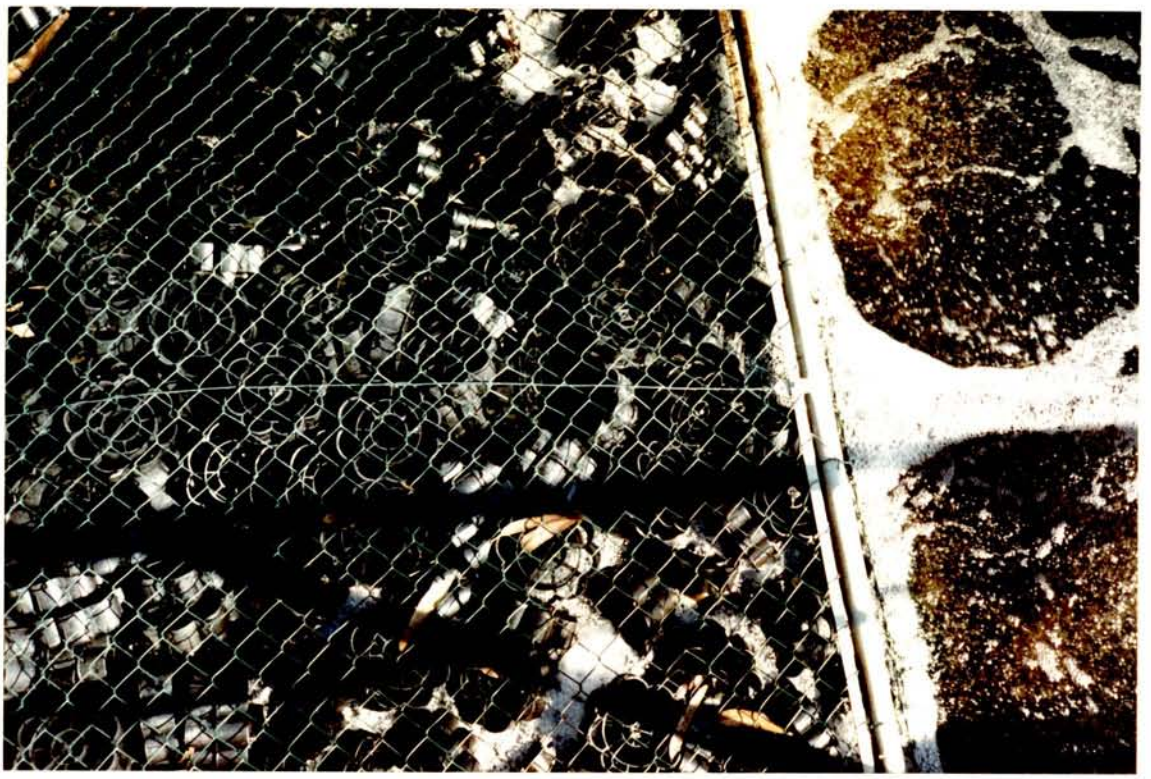


A. Grade
B. Tanque de desengorduramento
C. Tanque de igualizacao
D. Tanque de arejamento
E. Tanque de decantacao
F. Filtro de areia
G. Reservatorio de efluente final (abastecimento rede de rega)
H. Leito de secagem de lamas
I. Caixa de comporta
J. Difusor de ar comprimido
K. Meio de enchimento
L. Edificio de exploracao
M. Reservatorios do by-pass do efluente bruto
CV. Caixa de visita de aguas residuais

1. Efluente bruto
2. Efluente igualizado
3. Recirculacao de efluente tratado
4. Lamas em excesso a secar
5. Efluente tratado a filtrar
6. Efluente tratado para a linha de agua
7. Efluente filtrado para rega
8. Efluente filtrado em excesso para a linha de agua
9. Escorrimento
10. By-pass de efluente bruto
( ) Ponto de amostragem

11- Compressor de ar MPR SEM-2M
12- Compressor de ar MPR SFL-60
13- Bomba centrifuga eixo horizontal 'LICAR'-TURO tipo T31/50 HF4
14- Bomba submersivel MAJMAR-RIVER SW 800
15- Grupo para rega

ANEXO 12



vista do tanque de arejamento da ETAR privada



vista do tanque de arejamento da ETAR privada

ANEXO 13

Data de amostragem

Parâmetro	12.03.93		15.03.93		16.03.93		17.03.93		22.03.93		26.03.93		Média	
	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado	Bruto	Tratado
CBO (mg/l)	---	---	456	26	382	8	395	11	420	5	---	---	413	13
CQO (mg/l)	510	136	620	128	495	95	585	82	660	85	680	91	592	103
pH	5.4	7.2	5.8	7.1	6.4	7.5	6.2	7.8	6.0	7.5	6.2	7.1	6.0	7.4

ANEXO 14

Qualidade dos efluentes brutos após tanque de desengorduramento (Ponto nº1)

Parâmetro/dia de amostragem	16.11.92	25.11.92	02.12.92	09.12.92	15.12.92	26.12.92	04.01.93	11.01.93	18.01.93
pH	8.1	7.8	7.7	7.5	7.7	8.2	8	7.6	8.2
Temperatura, ºC	15	19	18	16	18	19	21	22	23
Sólidos em suspensão, mg/l	315	220	142	138	164	95	179	154	132
Sólidos sedimentáveis, mg/l	5	14	6	10	3	8	5	14	6
CBO5, mg/l	240	167	152	---	212	241	220	238	276
CQO, mg/l	423	352	242	315	387	365	567	448	515

Parâmetro/dia de amostragem	25.01.93	09.02.93	16.02.93	01.03.93	09.03.93	16.03.93	30.03.93	05.04.93	Médio
pH	8.1	8.3	8.1	8.3	8	8.3	8.2	8	8
Temperatura, ºC	21	22	23	23	22	21	20	20	---
Sólidos em suspensão, mg/l	97	53	135	240	200	490	179	695	208
Sólidos sedimentáveis, mg/l	3	14	16	15	17	15	10	125	125
CBO5, mg/l	304	107	176	319	197	294	232	158	227
CQO, mg/l	498	260	538	700	404	544	612	546	454

Qualidade dos efluentes brutos após tanque de igualização (Ponto nº2)

Parâmetro/dia de amostragem	16.11.92	25.11.92	02.12.92	09.12.92	15.12.92	26.12.92	04.01.93	11.01.93	18.01.93
Sólidos em suspensão, mg/l	164	86	135	104	62	77	65	84	92
CBO5, mg/l	---	93	151	99	104	121	137	172	145
CQO, mg/l	158	282	458	286	274	293	334	276	530
Azoto total Kjeldahl, mg/l	---	---	32	29	40	25	22	26	29
Azoto amoniacal, mg/l N	---	---	23	16	23	18	19	18	22
Fósforo total, mg/l P	---	---	8.6	12.4	6.9	11.7	9.5	10.6	6.7

Parâmetro/dia de amostragem	25.01.93	09.02.93	16.02.93	01.03.93	09.03.93	16.03.93	30.03.93	05.04.93	Médio
Sólidos em suspensão, mg/l	74	45	78	135	103	157	97	65	95
CBO5, mg/l	186	138	124	245	194	149	145	108	142
CQO, mg/l	358	304	386	510	379	425	353	290	349
Azoto total Kjeldahl, mg/l	31	46	175	124	73	151	67	81	63
Azoto amoniacal, mg/l N	21	32	154	117	67	139	55	62	52
Fósforo total, mg/l P	5.4	---	14.2	13.8	9.8	6.4	10.8	11.5	9.9

Qualidade dos efluentes no tanque de arejamento (Ponto nº3)

Parâmetro/dia de amostragem	16.11.92	25.11.92	02.12.92	09.12.92	15.12.92	26.12.92	04.01.93	11.01.93	18.01.93
pH	8.6	8.2	8.3	8.2	8	8	7.6	7.4	7.3
Sólidos em suspensão, mg/l	1.5	2.1	4.3	3.8	5.6	4.8	5.8	6.4	6.9
Sólidos sedimentáveis, mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	2	4	3	4
Oxigénio dissolvido, mg/l	9.4	3.2	2.8	4.1	2.7	4.3	5.3	3.4	3.8

Parâmetro/dia de amostragem	25.01.93	09.02.93	16.02.93	01.03.93	09.03.93	16.03.93	30.03.93	05.04.93	Médio
pH	7.2	7	7.6	7.6	6.9	7.3	7.2	6.8	7.6
Sólidos em suspensão, mg/l	6.2	6.4	11.2	16	17	20	2.9	7.2	7.5
Sólidos sedimentáveis, mg/l	5	3	4	6	6	9	<1	<1	<3
Oxigénio dissolvido, mg/l	3.2	5.1	1	---	3.7	---	3.6	4.7	4

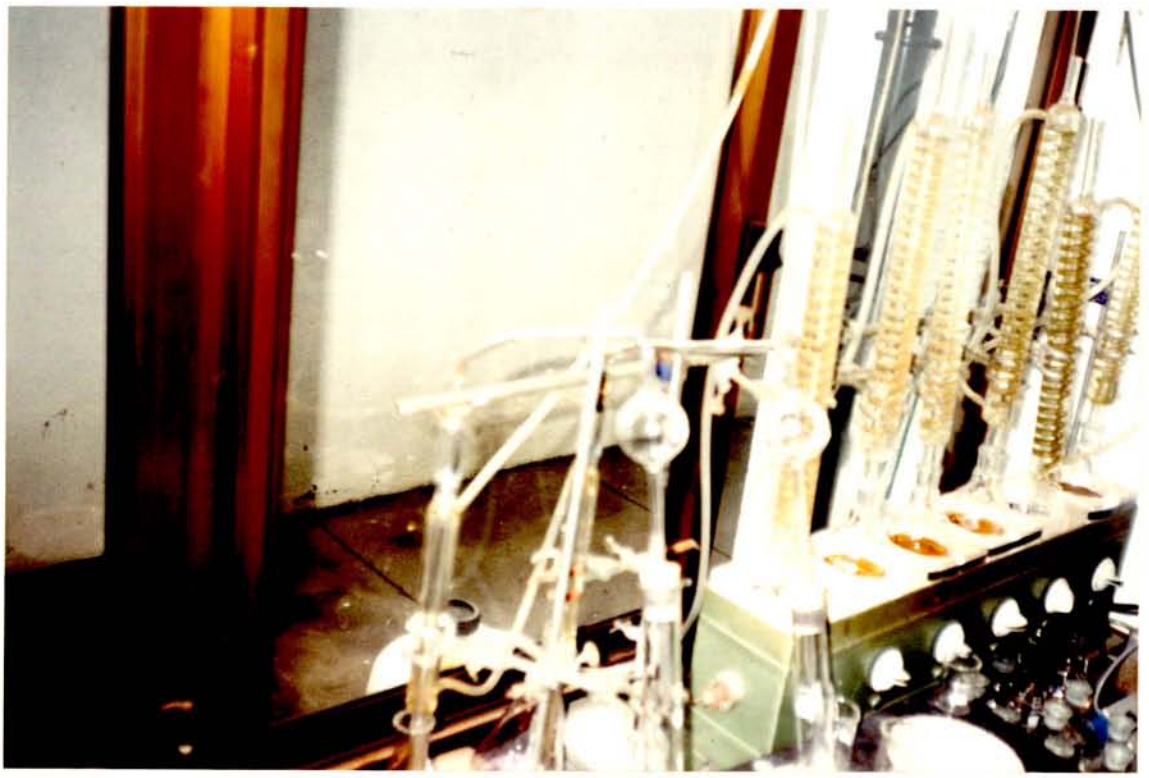
Qualidade da descarga final da ETAR (Ponto nº4)

Parâmetro/dia de amostragem	16.11.92	25.11.92	02.12.92	09.12.92	15.12.92	26.12.92	04.01.93	11.01.93	18.01.93
pH	8.2	8.4	8.2	8	7.8	7.6	7.4	7.3	7.5
Sólidos em suspensão, mg/l	4.6	5.6	7.8	5.6	8.4	7.5	6	6.6	7.4
Sólidos voláteis, mg/l	---	3.4	---	---	6.4	---	---	4.6	---
Oxigénio dissolvido, mg/l	ND	0.2	2.6	2.8	3.1	6.6	3.7	3.2	2.6
CBO5, mg/l	77	69	54	16	29	28	9	17	15
CQO, mg/l	105	136	121	95	110	103	92	94	108
Azoto total Kjeldahl, mg/l	---	---	24	26	28	18	18	16	12
Azoto amoniacal, mg/l N	---	---	21	16	13	12	10	13	8
Fósforo total, mg/l P	---	---	11.1	8.2	7.6	9.9	8.2	7.3	6.4
Transparência, cm	---	24	26	35	29	32	38	40	41

Qualidade da descarga final da ETAR (Ponto nº4)

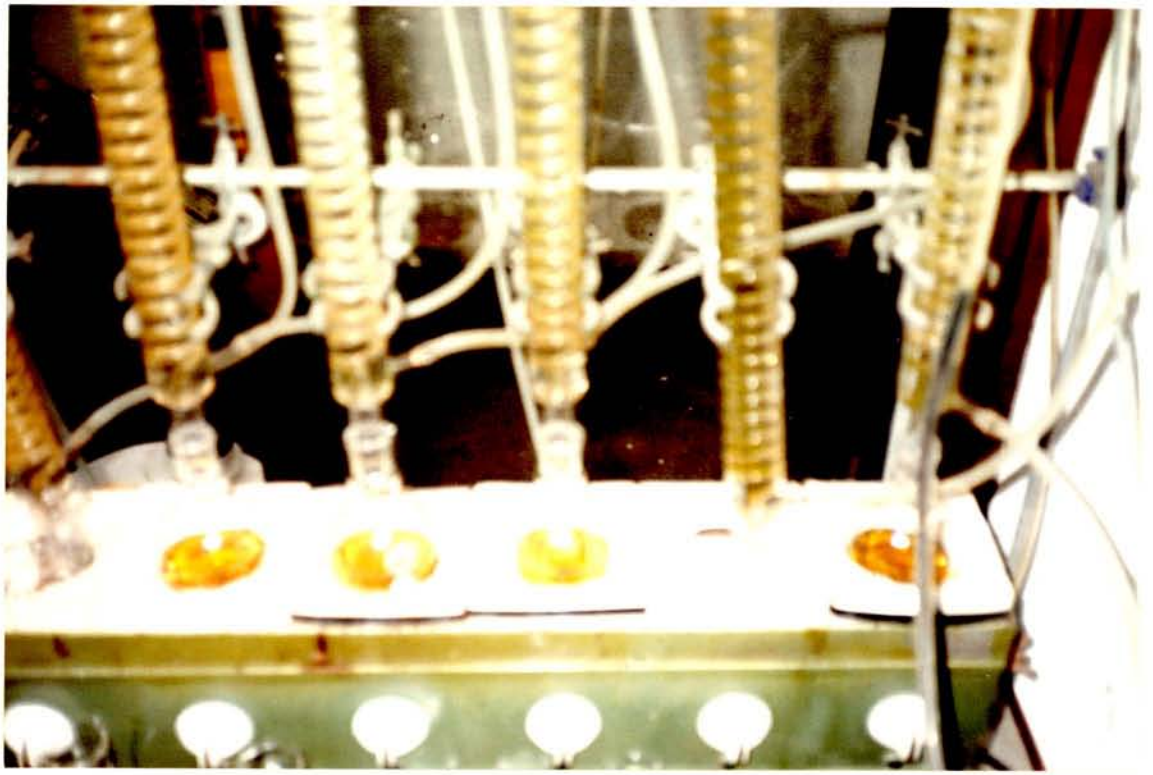
Parâmetro/dia de amostragem	25.01.93	09.02.93	16.02.93	01.03.93	09.03.93	16.03.93	30.03.93	05.04.93	Médio
pH	7.3	6.9	7.8	7.6	6.8	7.1	7.3	6.5	7.5
Sólidos em suspensão, mg/l	3.5	2.9	4.4	11.6	4	1.9	1.6	6	5.6
Sólidos voláteis, mg/l	---	---	3.2	5.2	2.6	---	---	---	4.2
Oxigénio dissolvido, mg/l	2.4	4.7	1.7	---	---	---	2.3	4.9	2.9
CBO5, mg/l	8	5	11	18	16	22	5	9	24
CQO, mg/l	95	23	137	200	157	98	72	80	107
Azoto total Kjeldahl, mg/l	12	15	95	136	49	42	51	36	34
Azoto amoniacal, mg/l N	5	13	74	118	43	38	33	29	30
Fósforo total, mg/l P	10.7	9.8	13.6	23.5	12.6	7.8	7.4	10.6	10.3
Transparência, cm	43	48	42	35	46	65	98	49	41

ANEXO 15

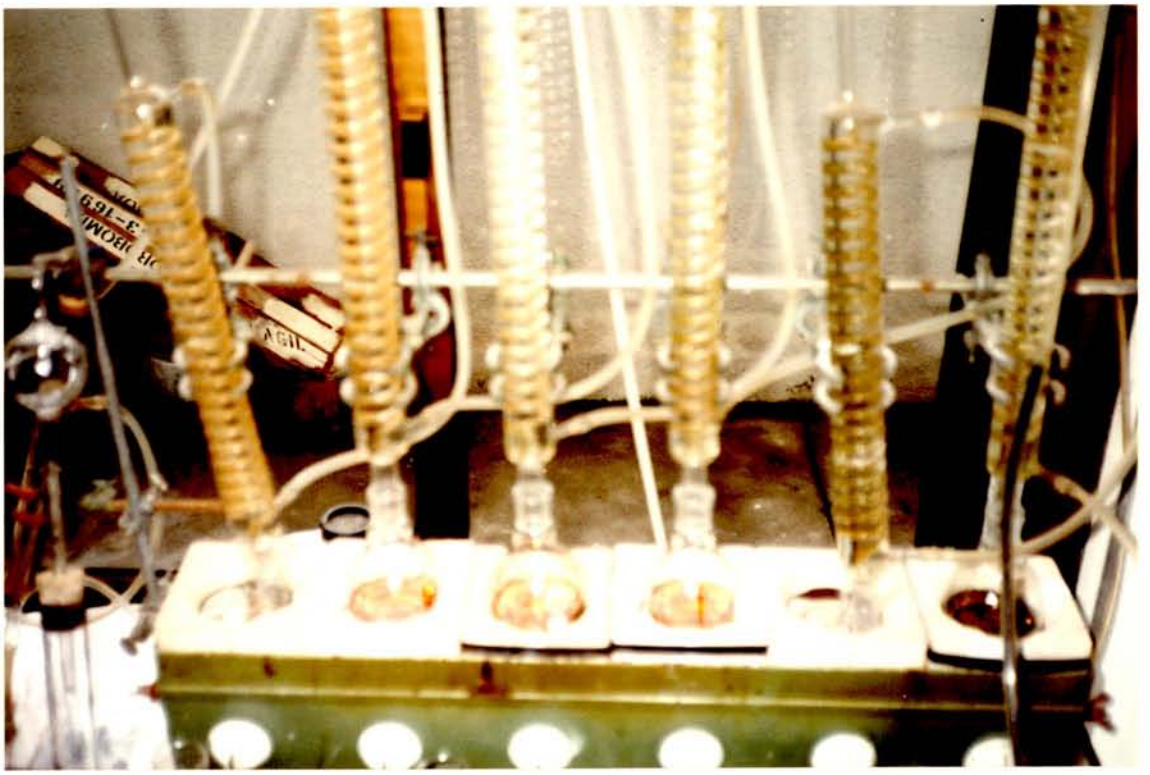


condensador e mantas de aquecimento para CQO

ANEXO 16



1ª fase do aquecimento



2ª fase do aquecimento

ANEXO 17



titulação do CQO

ANEXO 18



sequência da titulação do CQO

ANEXO 19

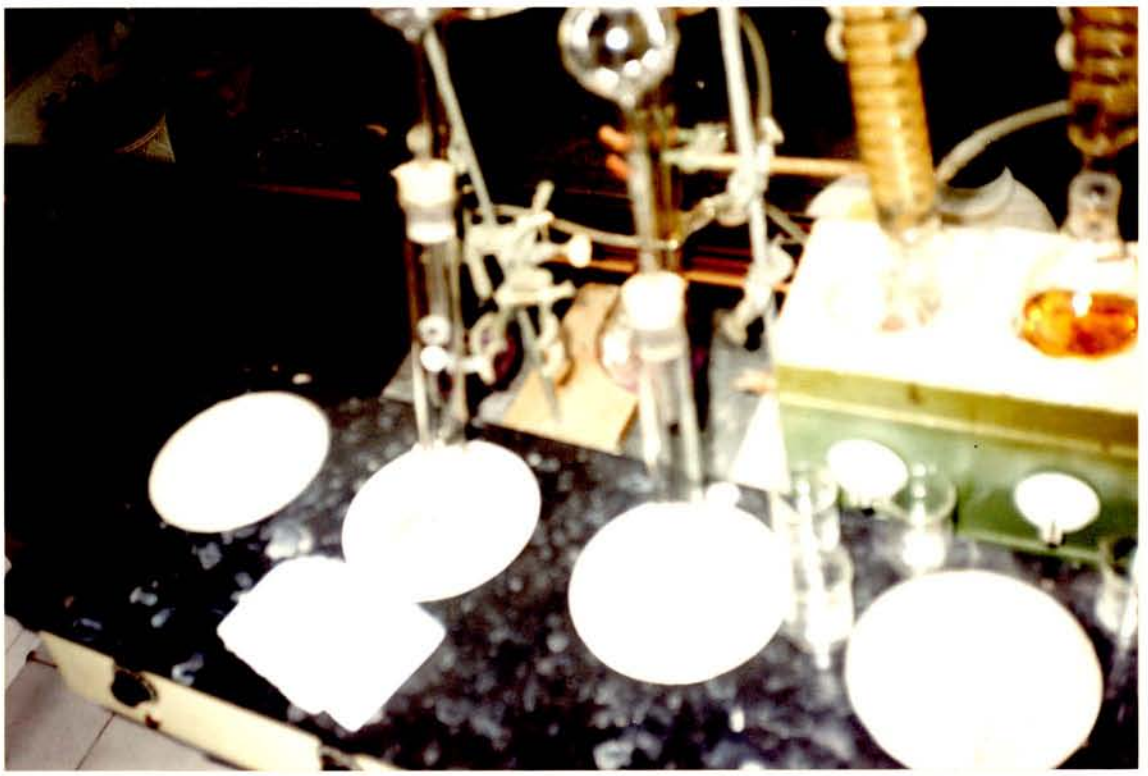


preparação dos frascos para CBO



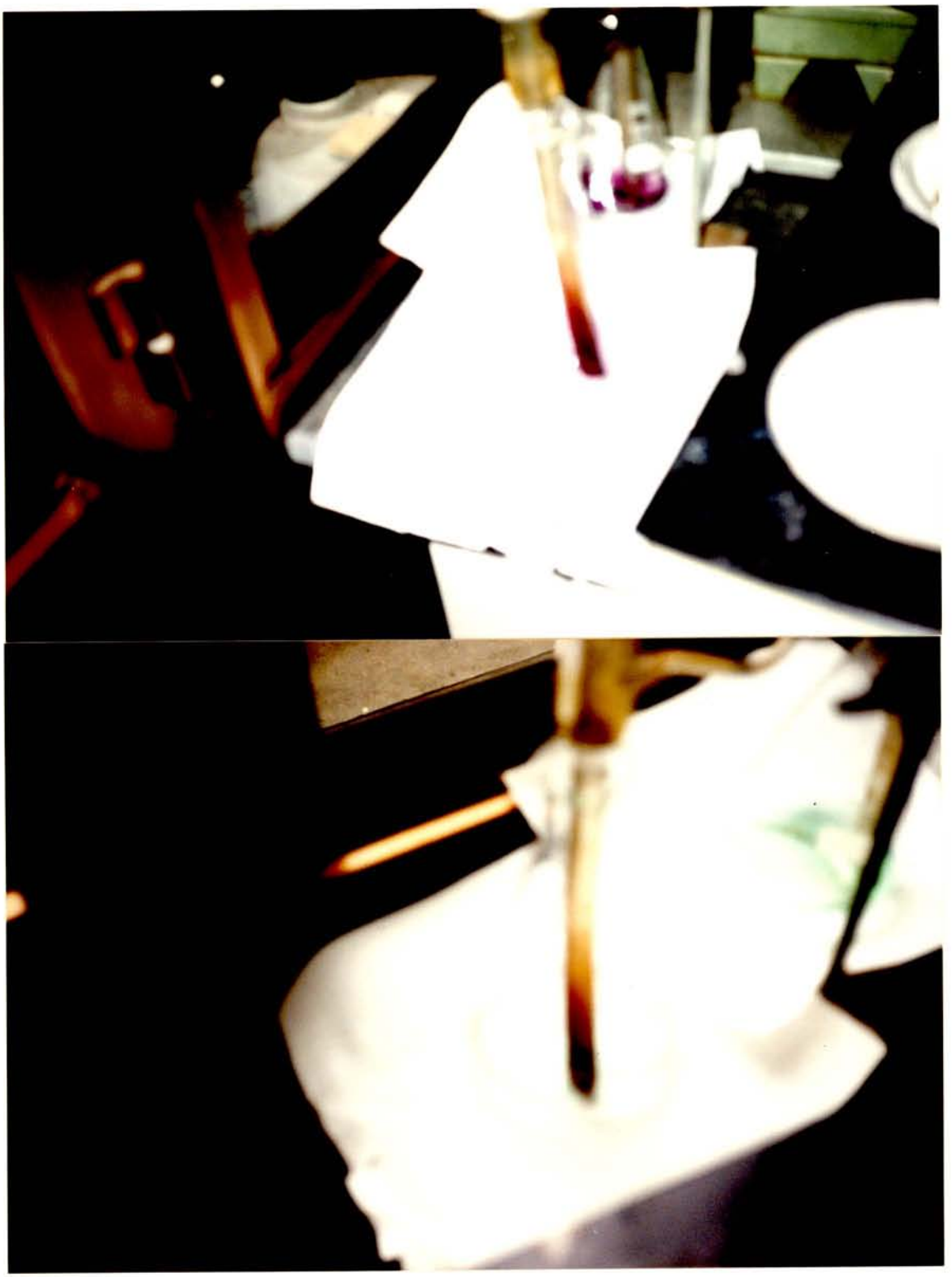
preparação dos frascos para CBO

ANEXO 20



condensador e mantas de aquecimento para Azoto

ANEXO 21



evolução da análise do Azoto

ANEXO 22



sequência da titulação

ANEXO 23

MÉTODOS DE ANALÍTICOS

Parâmetro	Método de analítico	Código (*)
1.Sólidos em suspensão totais (SST)	filtragem por filtro de fibra de vidro Ø4.7 cm, secagem a 103°C e pesagem	2540 (D)
2.Azoto amoniacal (N-NH4)	destilação e titulação	4500-NH3 (B+E)
3.Azoto Kjeldahl (NTK)	destilação, desgestão e titulação do método macro-Kjeldahl	4500-Norg (B)
4.Oxigénio dissolvido (OD)	método tituramétrico, modificação com azida	4500-O (c)
5.Fósforo total (FT)	digestão com persulfato em autoclave e determinação fotométrica com ácido ascóbio	4500-P (B+E)
6.Carência quimica de oxigénio (CQO)	digestão com dicromato de potássio e titulação	5220 (C)
7.Sólidos sedimentáveis (Ssed)	decantação em cone Imhoff	2540 (F)
8.pH	método electrométrico	4500- H+ (B)

(*) Códigos:Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 1989

ANEXO 24

Valores de pH

Dia	0	9	15	22	28	39	48	55	62	69	84	91	104	112	119	132	139	Médio
Ponto 1	8.1	7.8	7.7	7.5	7.7	8.2	8	7.6	8.2	8.1	8.3	8.1	8.3	8	8.3	8.2	8	8
Ponto 3	8.6	8.2	8.3	8.2	8	8	7.6	7.4	7.3	7.2	7	7.6	7.6	6.9	7.3	7.2	6.8	7.6
Ponto 4	8.2	8.4	8.2	8	7.8	7.6	7.4	7.3	7.5	7.3	6.9	7.8	7.6	6.8	7.1	7.3	6.5	7.5

Valores de SST (mg/l)

Dia	0	9	15	22	28	39	48	55	62	69	84	91	104	112	119	132	139	Médio
Ponto 1	315	220	142	138	64	95	179	154	132	97	53	135	240	200	490	179	695	208
Ponto 2	164	86	135	104	62	77	65	84	92	74	45	78	135	103	157	97	65	95
Ponto 3	1.5	2.1	4.3	3.8	5.6	4.8	5.8	6.4	6.9	6.2	6.4	11.2	16	16.5	20	2.9	7.2	7.5
Ponto 4	4.6	5.6	7.8	5.6	8.4	7.5	6	6.6	7.4	3.5	2.9	4.4	11.6	4	1.9	1.6	6	5.6

Valores de CBO (mg/l)

Dia	0	9	15	22	28	39	48	55	62	69	84	91	104	112	119	132	139	Médio
Ponto 1	240	167	152	0	212	241	220	238	276	304	107	176	319	197	294	335	158	227
Ponto 2	0	93	151	99	104	121	137	172	145	186	138	124	245	194	149	112	108	142
Ponto 4	77	69	54	16	29	28	9	17	15	8	5	11	18	16	22	5	9	24

Valores de CQO (mg/l)

Dia	0	9	15	22	28	39	48	55	62	69	84	91	104	112	119	132	139	Médio
Ponto 1	423	352	242	315	387	365	567	448	515	498	260	538	700	404	544	612	546	454
Ponto 2	158	282	458	286	274	293	334	276	530	358	304	386	510	379	425	393	290	349
Ponto 4	105	136	121	95	110	103	92	94	108	95	23	137	200	157	98	72	80	107

Valores de NTK (mg/l)

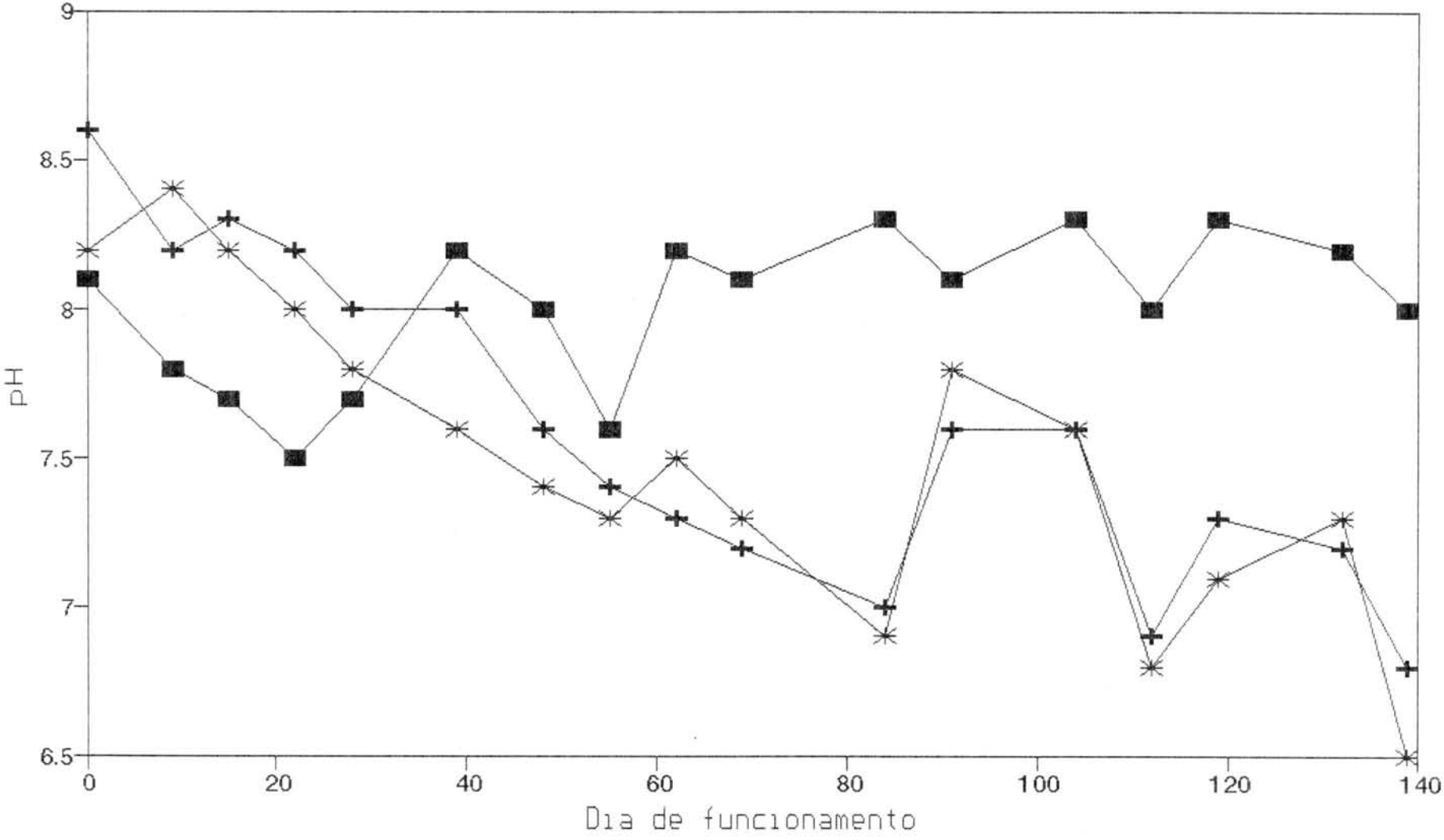
Dia	0	9	15	22	28	39	48	55	62	69	84	91	104	112	119	132	139	Médio
Ponto 2	0	0	32	29	40	25	22	26	29	31	46	175	124	73	151	67	81	63
Ponto 4	0	0	24	26	28	18	18	16	12	12	15	95	136	49	42	51	36	39

Valores de N-NH3 (mg/l)

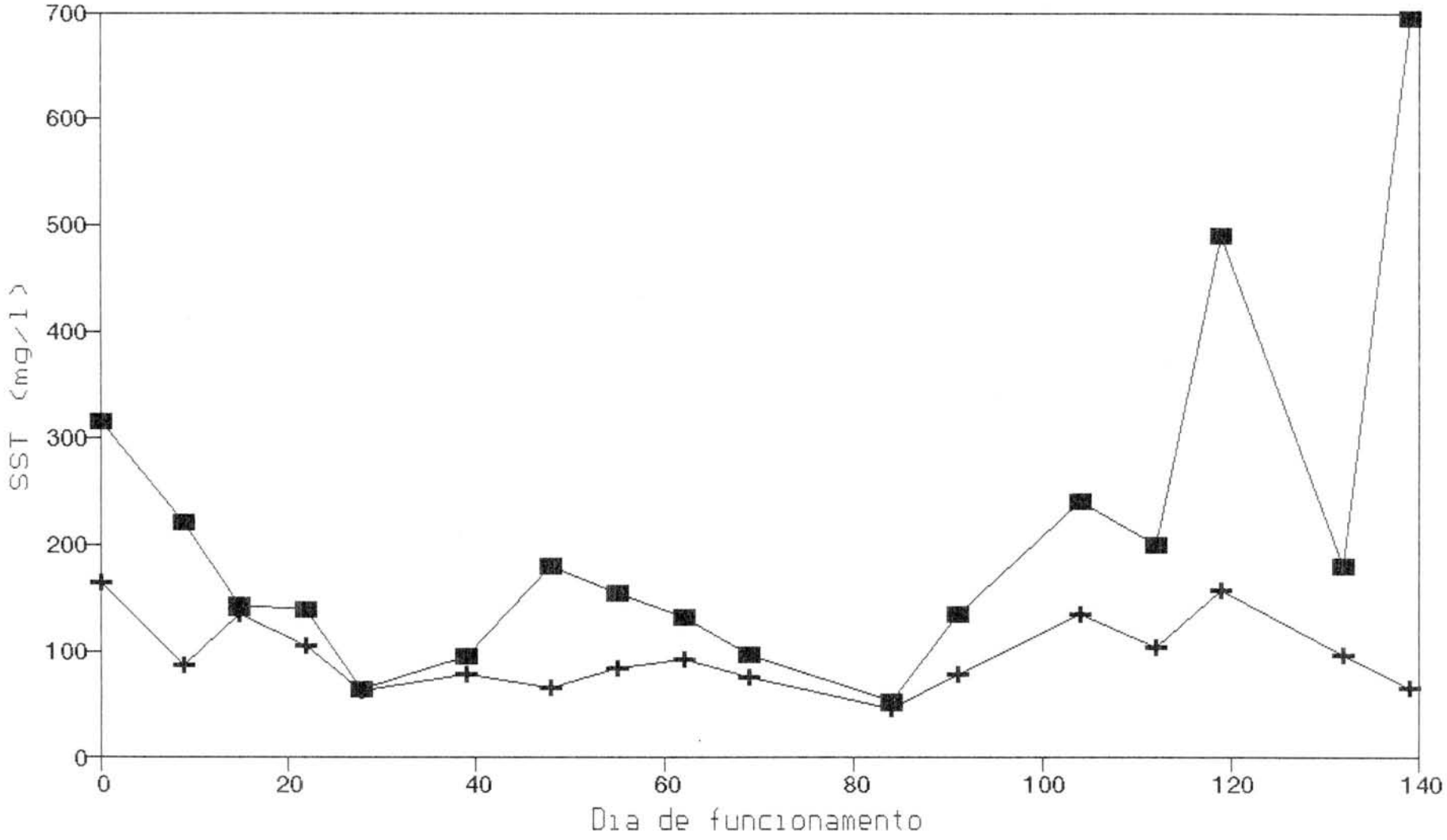
Dia	0	9	15	22	28	39	48	55	62	69	84	91	104	112	119	132	139	Médio
Ponto 2	0	0	23	16	23	18	19	18	22	21	32	154	117	67	139	55	62	52
Ponto 4	0	0	21	16	13	12	10	13	8	5	13	74	118	43	38	33	29	30

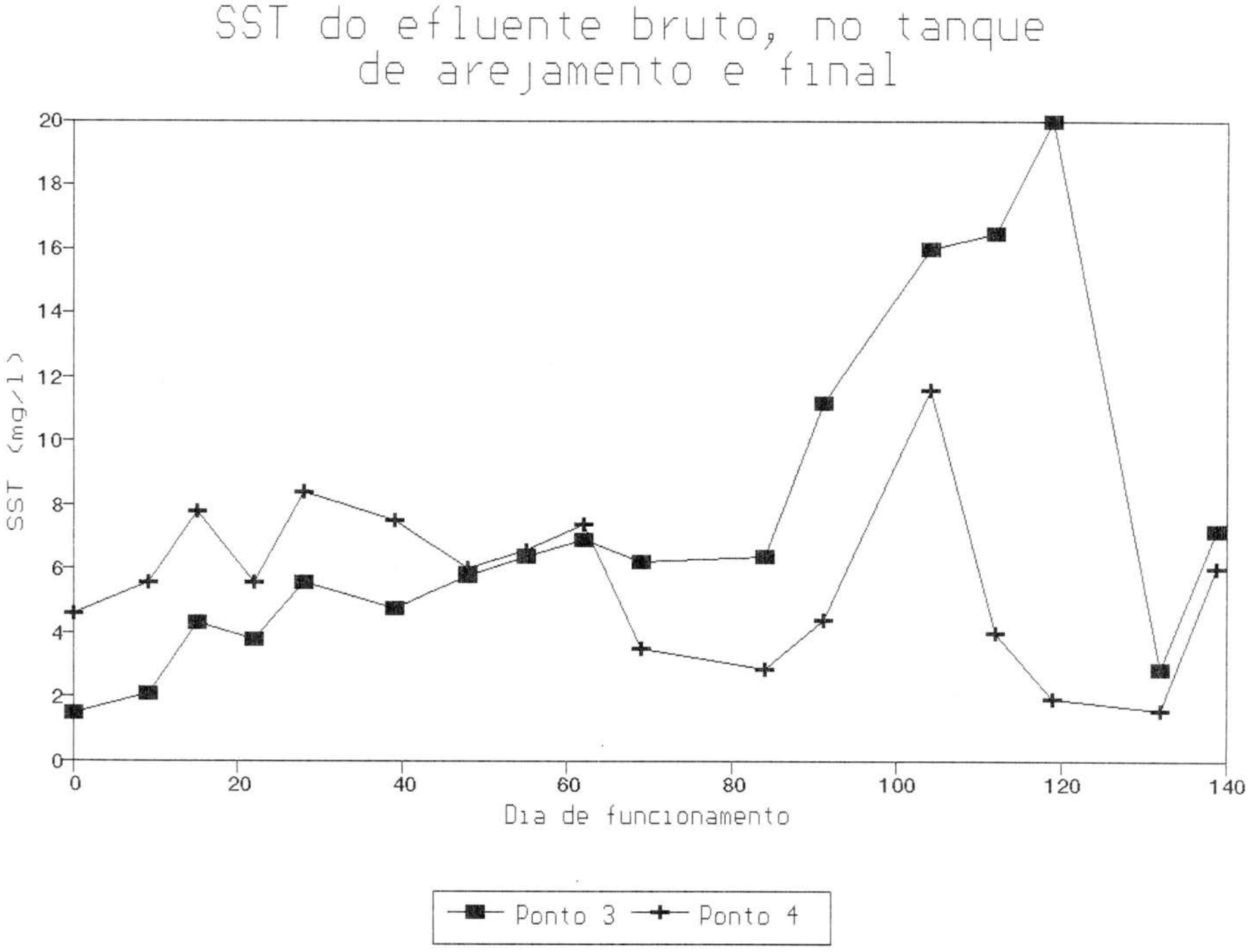
ANEXO 25

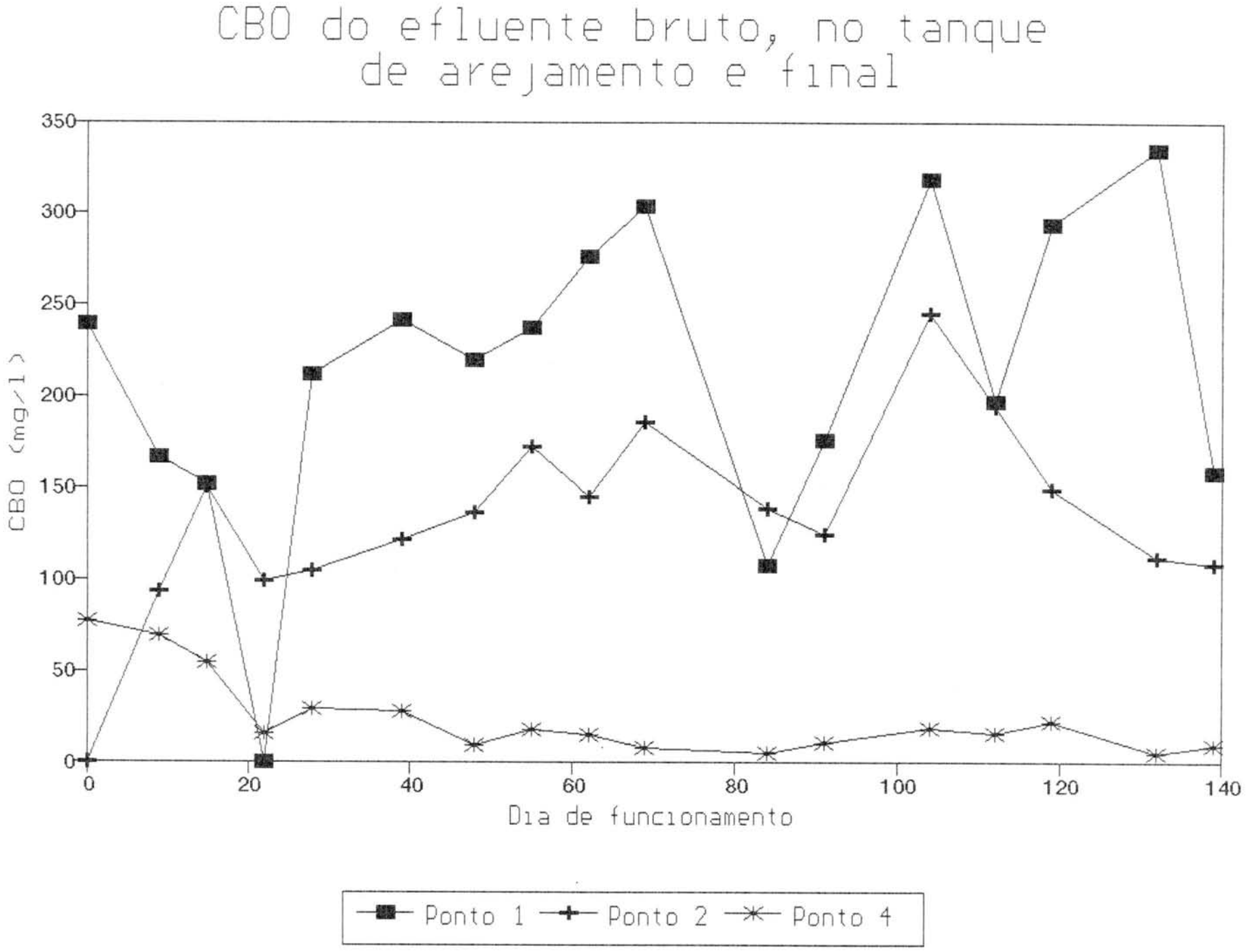
pH do efluente bruto, no tanque de arejamento e final

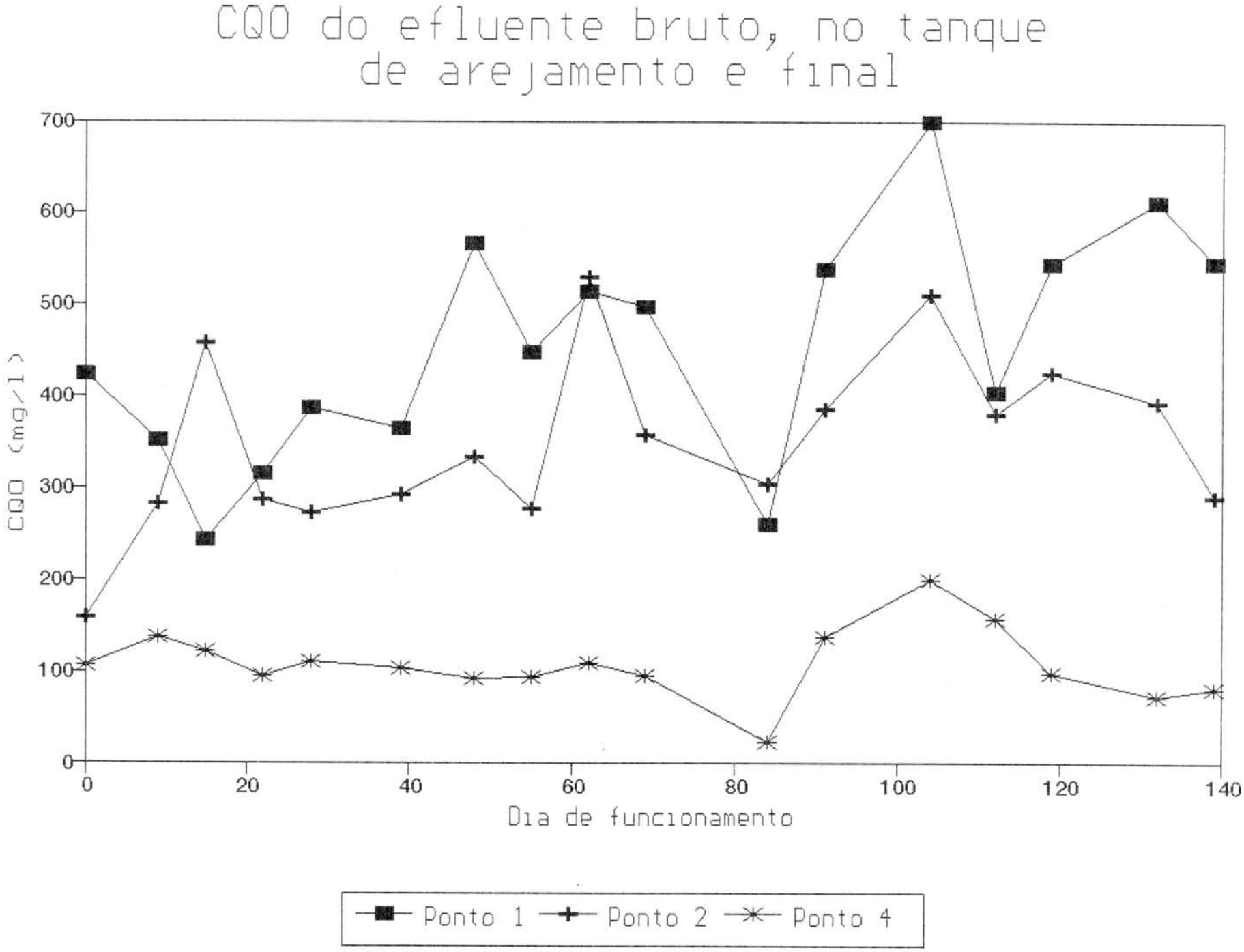


SST do efluente bruto, no tanque de arejamento e final

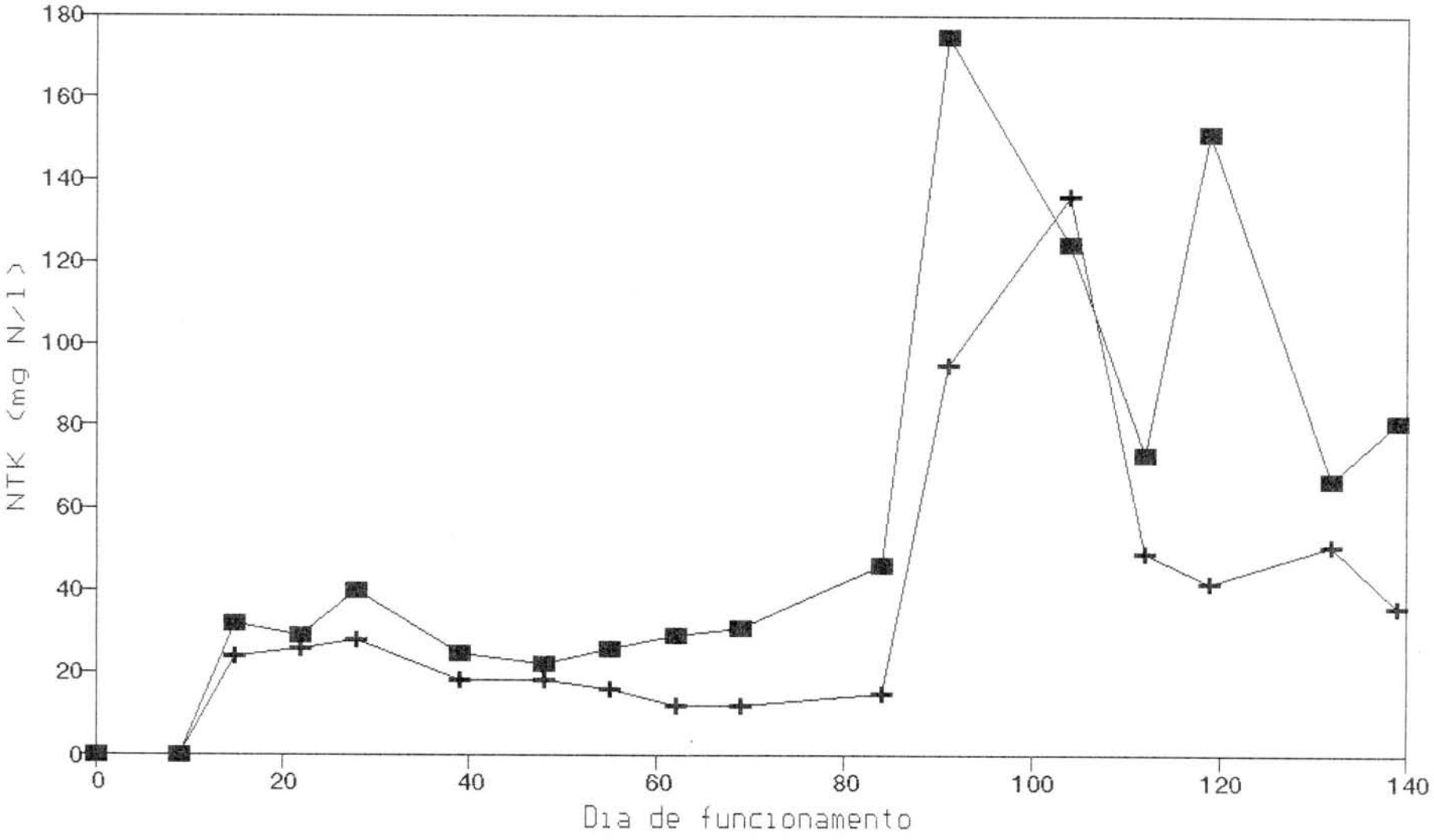



SST do efluente bruto, no tanque de arejamento e final
SST (mg/l)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
0
20
40
60
80
100
120
140
Dia de funcionamento
Ponto 3
Ponto 4

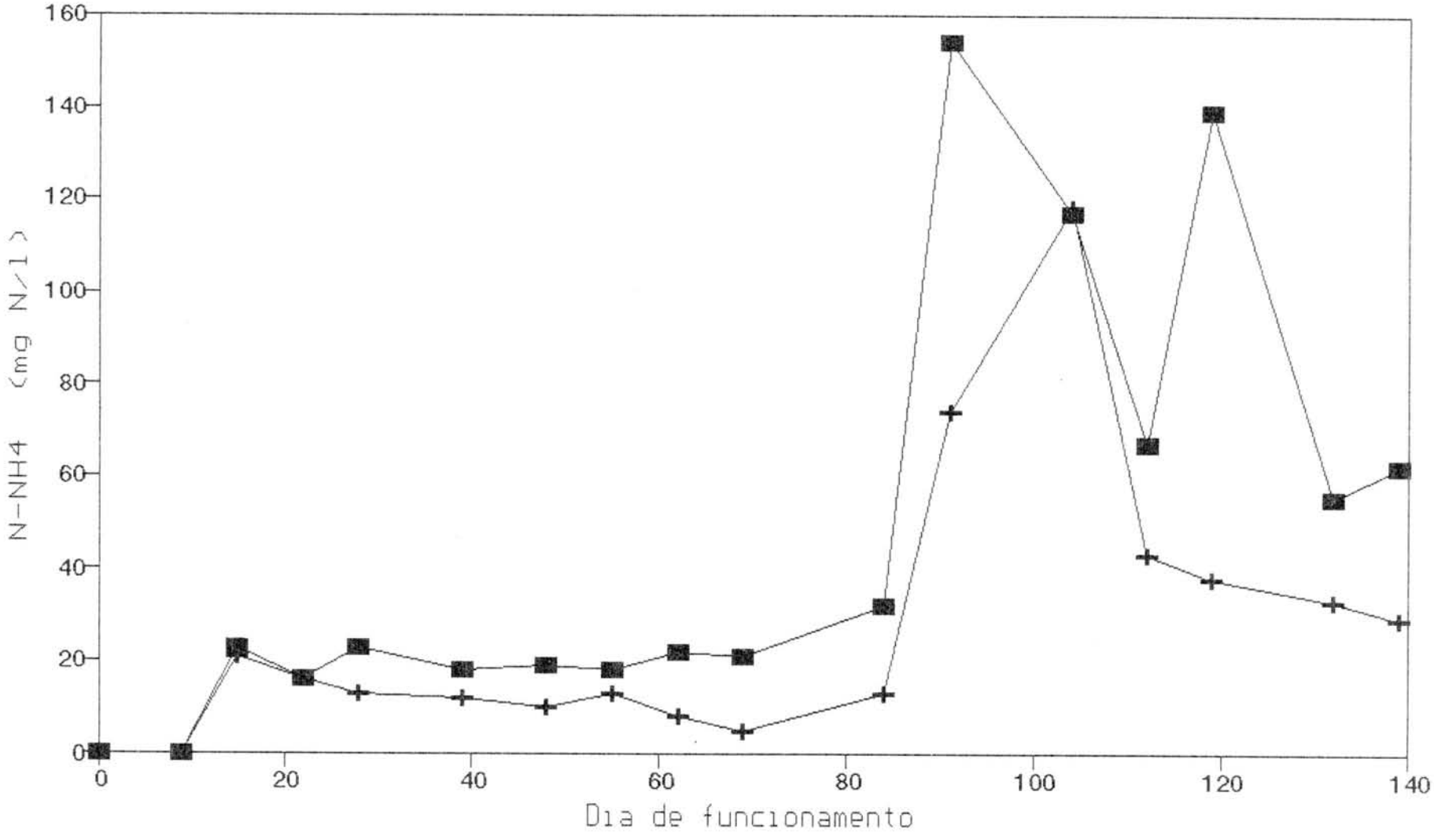

CBO do efluente bruto, no tanque de arejamento e final
CBO (mg/l)
350
300
250
200
150
100
50
0
0
20
40
60
80
100
120
140
Dia de funcionamento
Ponto 1
Ponto 2
Ponto 4


CQO do efluente bruto, no tanque de arejamento e final
CQO (mg/l)
700
600
500
400
300
200
100
0
0
20
40
60
80
100
120
140
Dia de funcionamento
Ponto 1
Ponto 2
Ponto 4

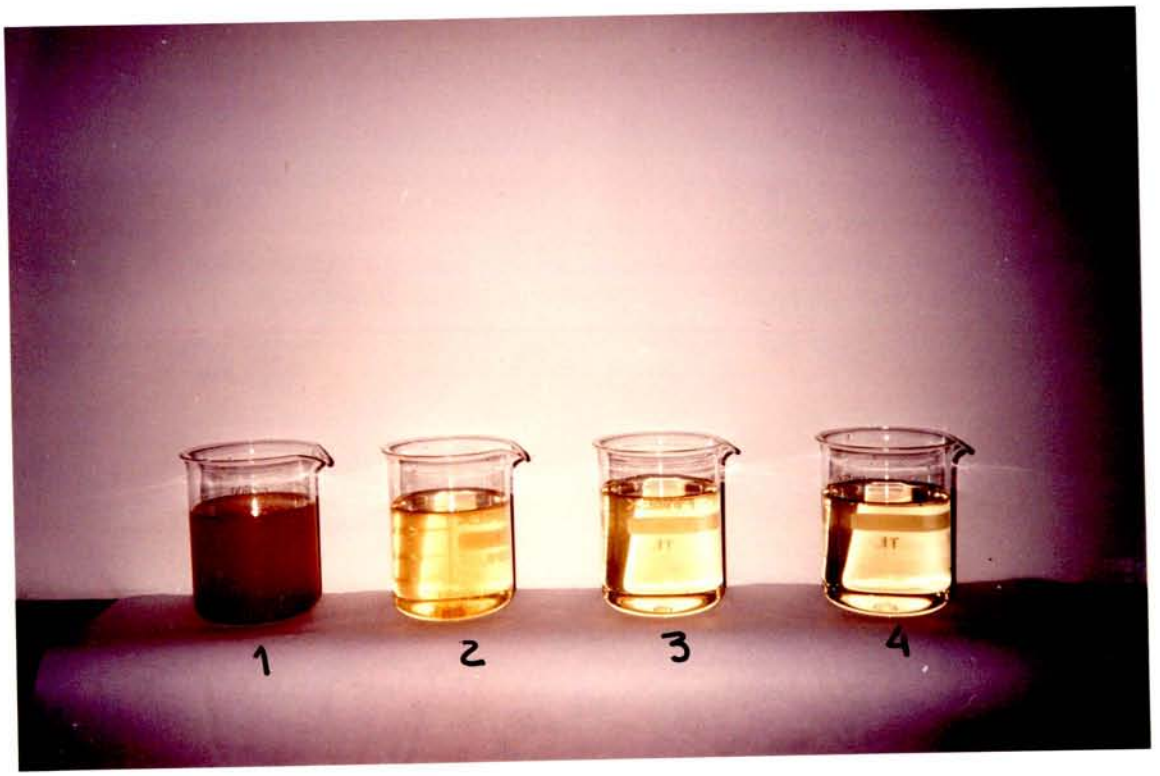
Azoto total Kjeldahl do efluente igualizado e final



Azoto amoniacal do efluente igualizado e final



ANEXO 26



visualização da eficácia do tratamento

1 - efluente bruto

2 - efluente do tanque de arejamento

3 - efluente tratado a filtrar

4 - efluente tratado e filtrado

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
0000101501