

TRATAMENTO ANAERÓBICO DE EFLUENTES - UM CASO BEM SUCEDIDO NA PIRASSUNUNGA S.A.

José Luiz Papa(*) e Manuel Alberto Jerez Orozco (**)

* Engenheiro Químico, Diretor da Acqua Engenharia Ltda. - Pirassununga - SP - Brasil

** Biólogo, Pirassununga S.A. Ind. Com. de Papel e Papelão - Pirassununga - SP - Brasil

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo relatar a experiência obtida na área de tratamento de efluentes de uma indústria de papel, com base em dados e resultados analíticos obtidos em escala real, durante três anos de operação de um Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente com Manto de Lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB Reactor). A indústria processa aparas (60%) e bagaço de cana (40%) como matéria prima, produzindo em torno de 30 ton/d de papel tipo embalagem e microondulado. Foram obtidas eficiências de remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) de até 81 % apenas no Reator Anaeróbico, e de 88 % em todo o sistema de tratamento, o que equivale a eficiências de remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de 96 %. A Taxa Volumétrica (Carga Orgânica aplicada em relação ao volume do Reator, expressa em kg DQO/d.m³) variou entre 0,7 (nos primeiros meses de operação) a 10,4 (em alguns picos atuais), situando-se em média ao redor de 5,5 kg DQO/d.m³ entre 1992 e 1993. Com base nos resultados deste estudo pode-se estabelecer como recomendação para projeto valores entre 5,0 e 7,5 kg DQO/d.m³, para o tipo de efluente em questão. Outros fatores importantes foram verificados, tais como a presença de Sulfatos no efluente, controle de pH, tipos de agentes acidificantes do efluente bruto, operação do tratamento primário, adição de nutrientes, e o controle da operação do Reator Anaeróbico com base nos critérios de eficiência de remoção de DQO contra a relação de AGV (ácidos graxos voláteis) e Alcalinidade Total. Recomenda-se que esta relação situe-se abaixo de 0,2.

I - Introdução

Em 1986 a Pirassununga S.A. comprometeu-se junto às autoridades ambientais a implantar um sistema de tratamento de seus efluentes industriais. A primeira alternativa avaliada envolvia a tecnologia de Lagoa Aerada, a qual foi descartada pelos seguintes motivos:

- elevada potência consumida para aeração (240 HP);
- terreno rochoso e com elevado nível de lençol freático, o que exigiria obras civis de terraplenagem bastante caras.

Descartada a primeira hipótese, procurou-se avaliar outras alternativas; a tecnologia de Lodos Ativados foi igualmente descartada, devido também à elevada potência, alto custo de construção civil e grande quantidade de lodo em excesso.

Foi então admitida a possibilidade de utilização de um reator anaeróbico, o que esbarrava, na época, na falta de referências desta tecnologia em indústrias similares no Brasil. Sem dúvida, podemos afirmar que mesmo a nível internacional não seria encontrada referência similar, principalmente devido ao uso do bagaço de cana como matéria prima e principal fonte de carga orgânica do efluente. Mesmo considerando-se que o efluente bruto reunia os principais requisitos para ser tratado anaerobicamente (elevada concentração de carga orgânica, compostos orgânicos teoricamente facilmente biodegradáveis, vazão e carga praticamente constantes, ausência de compostos tóxicos), o primeiro passo foi solicitar às autoridades ambientais o prazo necessário para a implantação de uma planta piloto, a qual pudesse confirmar a viabilidade da utilização desta tecnologia, e determinar os parâmetros adequados de projeto. Este prazo foi negado, e exigida a implantação imediata do sistema de tratamento.

Desta forma, o projeto foi elaborado de acordo com dados e informações de literatura e experiência prática com outros tipos de efluentes, e, sem dúvida, com uma grande torcida para que a coisa funcionasse (era só o que restava sem a planta piloto...).

II - Características dos Efluentes

Os efluentes brutos da Pirassununga S.A. são os seguintes:

a. Efluentes "Bagaço":

São os despejos oriundos do setor de preparação do bagaço, onde esta matéria prima é cozida em "cozinhadores" esféricos, com cal e vapor. Caracterizam-se por elevado pH e carga orgânica, apresentando, em média os seguintes parâmetros (dados históricos):

- Vazão	32 m ³ /h
- DQO	4.800 mg/l
- DBO	1.900 mg/l
- pH	9,5 - 11,5
- RS	60 ml/l

b. Efluentes "Aparas":

Congregam as águas residuais do processamento de aparas e das máquinas de papel, com as seguintes características (dados históricos):

- Vazão	75 m ³ /h
- DQO	1.700 mg/l
- DBO	840 mg/l
- pH	8,3 - 9,5
- RS	130 ml/l

c. Efluente Geral:

A mistura dos efluentes, após ajuste de pH com CO₂ (Entrada do Decantador - ED) apresenta atualmente as seguintes características (ver Tabelas anexas):

- Vazão	Máxima	107 m ³ /h
	Média	80 m ³ /h
- DQO		3.200 mg/l
- DBO		1.260 mg/l
- pH		8,5
- RS		100 ml/l

Como na grande maioria das indústrias de papel e celulose, os despejos apresentam teores desprezíveis de nutrientes.

Devido ao processo industrial da Pirassununga S.A., o teor de Enxofre e de Sulfatos nos efluentes é baixo, não influenciando no processo anaeróbico.

III - Descrição do Sistema de Tratamento

O Sistema de Tratamento de Efluentes da Pirassununga S.A. foi implantado a partir de 1986/1987, e é composto dos seguintes itens:

- Caixas de Areia e Medidores de Vazão tipo Parshall, individuais para cada despejo (área de preparação de bagaço e despejos da preparação de aparas e máquina de papel);
- Peneira inclinada tipo "Side-Hill", para os despejos "Aparas";
- Recirculação parcial (30 - 40 %) dos despejos "Aparas";
- Reunião dos despejos "Aparas" + "Bagaço", à entrada do Tanque de Ajuste de pH;
- Ajuste de pH, por meio de dosagem automática de CO₂;
- Decantação Primária, em decantador retangular dotado de 6 poços de coleta de lodo, tronco-piramidais invertidos e de extração automática (temporizada) do lodo; o decantador opera a uma taxa de aplicação superficial média de 1,1 m³/h.m², com excelentes resultados;
- Tanque de Alimentação do Biodigestor, dotado de agitador mecânico, para mistura dos nutrientes;
- Biodigestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente;

Além do circuito principal acima mencionado, o sistema de tratamento é completado por:

- um Tanque de Estocagem de Nutrientes (a Pirassununga S.A. utiliza composto líquido já formulado com a composição adequada);
- Tanque de coleta de lodo primário;
- desaguamento do lodo primário em prensa contínua a vácuo (fabricação própria);

IV - Características do Reator Anaeróbico

O reator anaeróbico da Pirassununga S.A. foi projetado para as seguintes condições, considerando-se remoções de DQO (34%) e DBO (48%), verificadas no decantador primário:

Vazão	107 m ³ /h
DQO	2.120 mg/l
DBO	650 mg/l
Carga Orgânica	5.440 kg DQO/d
Carga Orgânica de Projeto	6.000 kg DQO/d

Conforme descrito acima, não foi possível o estabelecimento de um valor de Taxa Volumétrica (kg DQO/d.m³) por meio de planta piloto. Desta forma, foi adotado o valor de 8,6 kg DQO/d.m³, relativa à carga orgânica de projeto. Desta forma, o volume resultante do Biodigestor foi definido em 722 m³. O reator foi projetado em duas células independentes (ver Foto Nº 1), para flexibilidade de manutenção e operação, com as seguintes dimensões:

Cada Célula:	
- Comprimento x Largura	8,5 x 8,5 m
- Altura Útil	5,0 m
- Altura Total	5,3 m
- Volume	361 m ³

A concepção do biodigestor é a mais clássica versão do reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), onde os seguintes conceitos básicos foram obedecidos:

- o efluente bruto é uniformemente distribuído em todo o fundo do reator; esta distribuição é perfeitamente assegurada por uma canaleta dotada de régua com vertedores, com cada vértice abastecendo uma caixa de alimentação de um ponto de introdução do efluente (ver Foto Nº 02);
- estabelecimento de um fluxo laminar e uniforme de ascensão do efluente no reator;
- implantação de um dispositivo adequado de separação gás/sólido/líquido, onde ocorre a efetiva separação do lodo anaeróbico, do biogás formado e do efluente tratado;
- o efluente tratado é também uniformemente coletado na superfície do biodigestor, por meio de canaletas dotadas de vertedores reguláveis; desta forma, assegurando-se a perfeita distribuição do efluente no fundo do reator e sua coleta igualmente distribuída na superfície, tem-se a certeza de que o fluxo ascensional através do reator é uniforme, sem caminhos preferenciais.

Não são apresentados no presente trabalho os critérios de dimensionamento dos itens acima, uma vez que o mesmo refere-se principalmente à apresentação da performance e viabilidade do processo; no entanto, as informações necessárias são disponíveis na literatura técnica especializada.

V - Resultados

A rotina operacional estabelecida e verificada nos últimos anos proporcionou dados suficientes para uma completa análise dos fatores que influem no processo, e verificação dos parâmetros de projeto. Desde a fase de inoculação do reator, a aclimação dos microorganismos ao novo substrato, o aumento sucessivo da carga orgânica alimentada, até o estágio atual de operação em escala total, os seguintes pontos principais são relatados:

a. Inoculação do Reator

O reator foi inoculado com lodo granular de boa qualidade (aprox. 70 m³); primeiramente foi inoculada apenas uma das células, enquanto a outra finalizava sua construção e montagem dos internos. A inoculação da segunda célula foi realizada com lodo retirado da primeira.

b. Alimentação do Efluente

Durante a fase de "start-up", foi definida uma vazão inicial de alimentação do reator em 10% da vazão de projeto, provendo-se aumentos gradativos sempre que:

- a remoção de DQO atingisse 80%, e
- a relação AGV/Alcalinidade Total estivesse abaixo de 0,25, e
- o pH do efluente tratado estivesse entre 7,2 e 7,6.

Nesta fase inicial, o efluente, tipicamente de caráter alcalino foi neutralizado com H_2SO_4 , uma vez que a indústria tinha em seu estoque um volume elevado deste ácido, utilizado anteriormente para alguns testes de produção. Mesmo cientes dos efeitos adversos dos sulfatos ao processo anaeróbico, a expectativa era de que esta neutralização produzisse como precipitado o $CaSO_4$, que precipitar-se-ia no decantador primário, livrando o reator anaeróbico do recebimento dos íons sulfato. No entanto, observou-se que a alimentação do biodigestor continha elevadas concentrações de sulfatos (não detectadas analiticamente na época), uma vez que o rendimento no mesmo não era satisfatório, e que o biogás tinha intenso odor característico de H_2S . Suspeitava-se também que poderia estar ocorrendo algum tipo de pós-precipitação do $CaSO_4$ no interior do reator, o que seria extremamente prejudicial ao processo, tanto pelo acúmulo de lodo inerte no mesmo, quanto pela aderência de camadas deste precipitado na superfície dos grânulos de biomassa anaeróbica. Posteriormente optou-se pela substituição definitiva do H_2SO_4 por CO_2 , eliminando-se os problemas acima mencionados.

As vazões foram aumentando sucessivamente, conforme mostrado nas Tabelas e Gráficos anexos. As seqüências de aumento de vazão foram por vezes interrompidas, para manutenção dos defletores dos separadores GLS (gás/líquido/sólidos). Quando esta manutenção era interrompida em uma das células, a célula que era mantida em operação recebia apenas a metade da vazão total, ou seja, apenas sua própria vazão, de modo a não comprometer o desenvolvimento do processo.

O biodigestor opera atualmente com 100% de vazão de efluente decantado.

c. Dosagem de Nutrientes

Nutrientes (N e P) foram sempre dosados de forma a serem mantidas as seguintes relações:

$$DQO/P < 350 \quad \text{e,} \quad DQO/N < 70$$

Inicialmente a dosagem foi realizada através de Uréia e Ácido Fosfórico, dosados diretamente no Tanque de Alimentação do Biodigestor. Posteriormente foi adotada a dosagem por meio de composto líquido balanceado, com proporção de N:P igual a 5:1.

d. Resultados Analíticos

A Pirassununga S.A. mantém um laboratório próprio para acompanhamento analítico da operação do Biodigestor, o qual vem realizando análises sistemáticas do processo. Os principais resultados são apresentados nas Tabelas e Gráficos anexos. Notar que o laboratório da Pirassununga S.A. analisa a DQO (Demanda Química de Oxigênio) para controle da performance, não tendo os aparatos necessários para a realização de testes de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Na realidade, a tecnologia de Biodigestão Anaeróbica está atualmente mais alicerçada nos parâmetros de DQO que DBO. Uma vez que a legislação estadual reporta-se ao parâmetro DBO, os únicos resultados incluindo o mesmo são aqueles obtidos na fase de caracterização dos efluentes (1987/1988) e os contidos nos laudos de análises de rotina da CETESB. Destes últimos foi possível a verificação dos resultados entre Novembro de 1990 e Abril de 1993 (Tabela 4), apresentando a DBO do efluente tratado em média igual a 46 mg/l (à saída do reator). Desta tabela, pode-se também obter os seguintes valores médios de relação DQO/DBO:

- Efluente Bruto (Entrada do Decantador Primário)	3:1
- Entrada do Biodigestor	2,3:1
- Saída do Biodigestor	12,7:1

e. Resíduos Sedimentáveis

Um fator de relevância e polêmica em torno dos reatores anaeróbicos refere-se aos Resíduos Sedimentáveis no efluente tratado. No caso específico da Pirassununga S.A., pode-se observar que, em condições normais, os valores deste parâmetro encontram-se abaixo de 1,0 ml/l, que é o limite legal. Atualmente os valores encontram-se elevados, acima de 3,0 ml/l, porém foi claramente detectado que o problema de arraste de sólidos não é intrínseco ao reator, e sim ao arraste de sólidos no decantador primário. Não se trata igualmente de subdimensionamento do último, e sim, de problemas de baixa produtividade da prensa desaguadora de lodo. Uma vez que este equipamento não tem capacidade, atualmente, para desidratar todo o lodo retirado do decantador primário, ocorre um acúmulo de sólidos no mesmo, os quais são arrastados com o efluente primário. Desta forma, pôde ser observado claramente que o reator anaeróbico somente arrasta lodo quando a saída do decantador primário apresenta elevados índices de RS. A Pirassununga S.A. está providenciando melhorias no sistema de desaguamento de lodo, o que irá solucionar definitivamente este item.

f. Biomassa Anaeróbica

O lodo anaeróbico responsável pelo tratamento encontra-se em elevada concentração no manto de lodo, no fundo do reator. Tipicamente, este manto tem concentrações variando entre 60 - 80 g/l próximo ao fundo do reator, com picos de 90 a 120 g/l, e 25 - 45 g/l a 2,80 m de altura do fundo. Cerca de 50 % dos sólidos são voláteis e 50 % fixos. A granulação do lodo é excelente (ver Foto N° 3).

VI - Conclusões e Recomendações

O tratamento anaeróbico dos despejos deste tipo de indústria mostrou-se totalmente viável, tanto técnica quanto economicamente. Das observações realizadas neste reator em escala real, pode-se recomendar para futuros projetos dimensionamentos sob os valores de Taxas Volumétricas entre 5,0 e 7,5 kg DQO/m³. As considerações referentes à neutralização dos despejos com dois tipos de agentes acidificantes, e do arraste de lodo primário podem servir de exemplo de como o processo anaeróbico é afetado por fatores limitantes, como a presença de sulfatos e sólidos em suspensão.

Ainda com relação a futuros projetos, recomenda-se a verificação da influência destes fatores, se possível por meio de plantas piloto.

Do ponto de vista econômico/financeiro, deve-se considerar fundamental a economia gerada pela substituição de eventuais 240 HP (caso houvesse sido implantado algum tipo de processo aeróbico), bem como a pequena área ocupada. Os custos de construção civil também foram bastante reduzidos, uma vez que a obra foi realizada por equipe própria, a preços de custo.

VII - Referências Bibliográficas

- Look Hulshoff Pol e Gatze Lettinga - "Advanced Reactor Design, Operation and Economy - Dept. of Water Pollution Control - Agricultural University - Netherlands.
- Look Hulshoff Pol e Gatze Lettinga - "New Technologies for Anaerobic Waste Water Treatment" - Dept. of Water Pollution Control - Agricultural University - Netherlands.
- L.H.A. Habets e J.H. Knelissen - "Anaerobic Waste Water Treatment Plant at Papier-Fabrik Roermond Working Successfully and Saving Expenses" - Netherlands.
- N. Tudroszen - "A Review of Wastewater Treatment by Anaerobic Digestion" - Bunge/Australia.

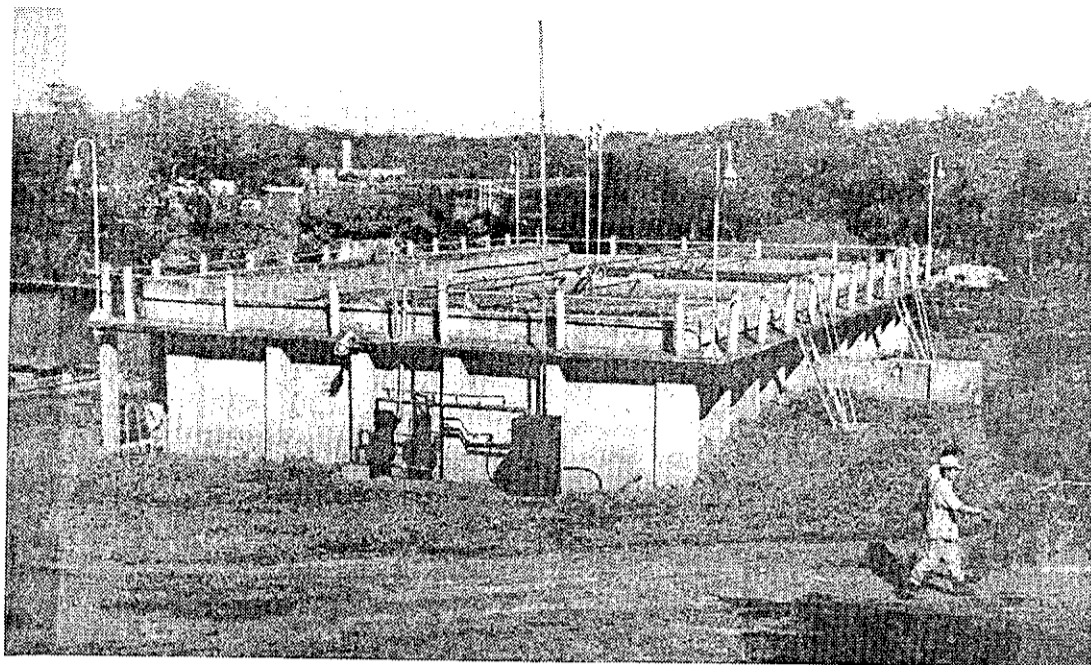


FOTO Nº 1 - Vista geral do Reator.

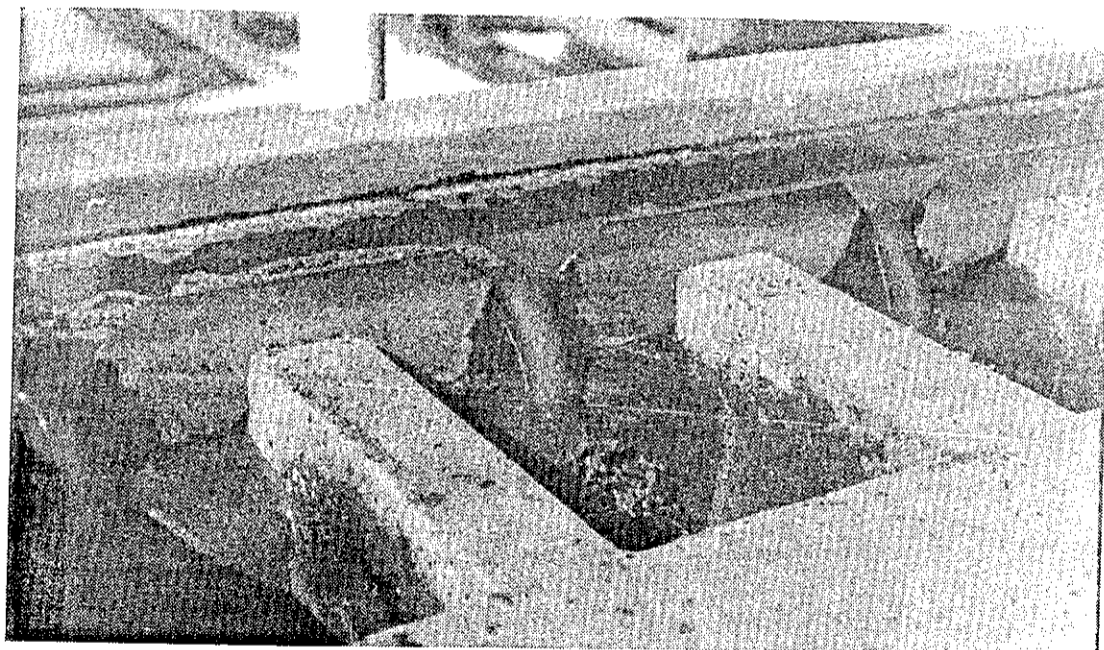


FOTO Nº 2 - Vertedores de entrada de Efluente.

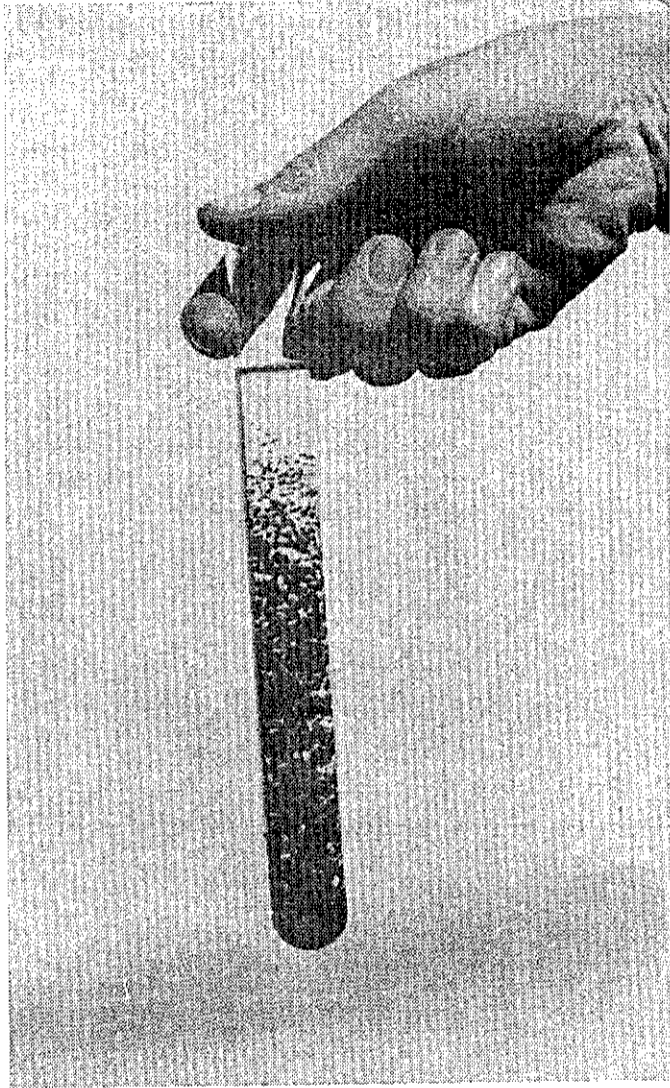


FOTO N° 3 - Lodo Granulado

TABELA 1
VAZÕES, DQO, EFICIÊNCIAS E CARGAS - 1990

DATA	VAZÃO (m ³ /h)		DQO (mg/l)			EFICIÊNCIAS		CARGA kg DQO/d	TAXA kg DQO/d.m ³
	ED	EB	ED	EB	SB	ED/SB	EB/SB		
17/ago		15,4		3572	1719		52	1320	1,8
27/ago		16,4		1714	964		44	675	0,9
29/ago		13,3		1680	1012		40	536	0,7
30/ago		18,4		1687	819		51	745	1,0
31/ago		16,2		1632	720		56	635	0,9
04/set		16,1		1730	675		61	668	0,9
11/set		16,1		1960	385		80	757	1,0
12/set		20,1		1800	370		79	868	1,2
13/set		16,3		1640	289		82	642	0,9
14/set		15,4		1750	145		92	647	0,9
27/set		16,2		1773	453		74	689	1,0
28/set		20,3		1970	552		72	960	1,3
02/out		15,4		2365	709		70	874	1,2
05/out		15,4		2365	709		70	874	1,2
11/out		15,4		2413	453		81	892	1,2
12/out		16,2		2167	611		72	843	1,2
17/out		14,9		2564	829		68	917	1,3
18/out		19,7		2318	662		71	1096	1,5
24/out		16,7		1974	652		67	791	1,1
25/out		16,7		1876	986		47	752	1,0
26/out		16,7		2097	711		66	840	1,2
30/out		16,7		1729	475		73	693	1,0
06/nov		16,7		1827	436		76	732	1,0
08/nov		16,7		1925	456		76	772	1,1
27/nov		16,7		1835	477		74	735	1,0
14/dez		16,7		2257	602		73	905	1,3
20/dez		16,7		1991	531		73	798	1,1
MÉDIA		16,1		2782	1125		63	1059	1,5

ED = Entrada do Decantador Primário
EB = Entrada do Biodigestor
SB = Saída do Biodigestor

TABELA 2
VAZÕES, DQO, EFICIÊNCIAS E CARGAS - 1991

DATA	VAZÃO (m ³ /h)		DQO (mg/l)			EFICIÊNCIAS		CARGA kg DQO/d	TAXA kg DQO/d.m ³
	ED	EB	ED	EB	SB	ED/SB	EB/SB		
06/jan		16,6		2540	794		69	1012	1,40
14/fev	55,9	18,3		2415	492		80	1061	1,47
15/fev	79,8	18,3		3350	1970		41	1471	2,04
22/fev	65,6	21,2		2758	560		80	1403	1,94
28/fev	74	21,7		1551	443		71	808	1,12
28/mar	87,5	23,3		1982	396		80	1108	1,53
17/abr	93,3	30		2030	245		88	1462	2,02
23/abr	78,2	40		2293	1124		51	2201	3,05
08/mai	91,7	54,7		1825	436		76	2396	3,32
14/mai	81,5	76		2019	654		68	3683	5,10
20/mai	70,9	70,9		2641	792		70	4494	6,22
23/mai	66,1	66,1		2438	670		73	3868	5,35
31/mai	85,1	76		2605	901		65	4752	6,58
07/jun	86,2	86,2		1651	642		61	3416	4,73
13/jun	86,6	86,6		2028	903		55	4215	5,83
28/jun	67,3	56,3		2283	696		70	3085	4,27
03/jul	80,1	58,5		1905	683		64	2675	3,70
12/jul	67,4	62,3	3099	1091	545		50	1631	2,26
26/jul	76,2	65,6	3027	2000	596	34	70	3149	4,36
14/ago	89,9	62,3	3385	2236	596	34	73	3343	4,63
21/ago	98,9	62,3	3057	1965	603	36	69	2938	4,07
05/set	88,3	67,2	3025	1891	521	37	72	3050	4,22
25/set	90	77,3	2676	2051	633	23	69	3805	5,27
09/out	97,15	72,4	3100	2212	564	29	75	3844	5,32
18/out	90,5	72,4	3390	2418	764	29	68	4202	5,82
07/nov	70,5	60,9	2998	1818	493	39	73	2657	3,68
Médias	63,2	39,6	2998	2117	493	37	77	1859	2,57

 = valores estimados

ED = Entrada do Decantador Primário
SD = Saída do Decantador Primário
SB = Saída do Biodigestor

TABELA 3
VAZÕES, DQO, EFICIÊNCIAS E CARGAS - 92/93

DATA	VAZÃO (m ³ /h)		DQO (mg/l)			EFICIÊNCIAS		CARGA kg DQO/d	TAXA kg DQO/d.m ³
	ED	EB	ED	EB	SB	ED/SB	EB/SB		
24/jan	80,4	65,6	3359	2403	738	78	69	3783	5,2
13/fev	88,3	65,6	3156	2440	540	83	78	3842	5,3
21/fev	104,6	34,9	4155	3212	1012	76	68	2690	7,4
05/mar	83,2	30,6	2280	1333	507	78	62	979	2,7
29/abr	79,4	34,6	3330	1619	438	87	73	1344	3,7
20/mai	95,5	32,2	4129	2172	552	87	75	1679	4,6
19/jun	99,5	24,3	2850	2091	413	86	80	1219	3,4
21/ago	81,6	31,7	2628	1750	340	87	81	1331	3,7
10/set	73,6	38,3	3243	1826	376	88	79	1678	4,6
02/out	99,2	41,8	3077	2154	650	79	70	2161	6,0
10/nov	105,44	68,8	3714	2327	885	76	62	3842	5,3
10/fev	80,9	77,9	3513	2041	596	83	71	3816	5,3
05/mar	81,2	81,2	3211	2223	679	79	69	4332	6,0
16/mar	90,8	90,8	3885	2689	857	78	68	5860	8,1
29/mar	94,6	94,6	4715	3300	549	88	83	7492	10,4
12/mai	91,4	91,4	2065	1446	656	68	55	3172	4,4
20/mai	80	80	3282	2146	849	74	60	4120	5,7
MÉDIA	80,2	72,8	3321	2275	794	76	65	3952	5,5

Operação com apenas uma das Células (Metade do Volume).

ED = Entrada do Decantador Primário

EB = Entrada do Biodigestor

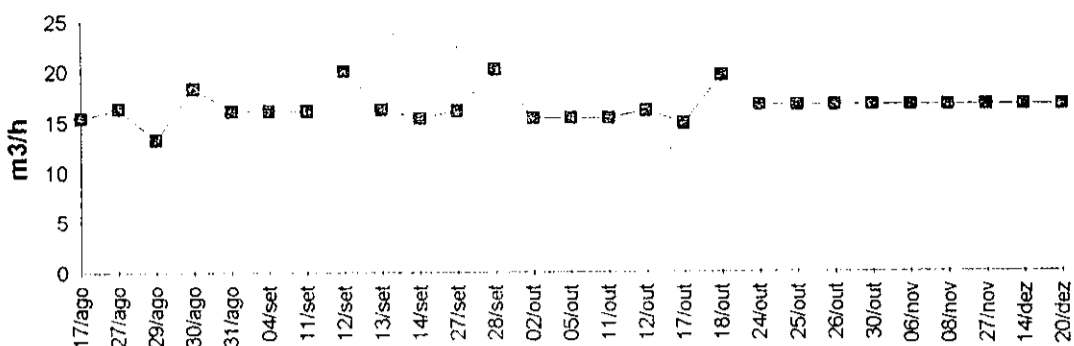
SB = Saída do Biodigestor

TABELA 4
RESULTADOS ANALÍTICOS - DQO e DBO

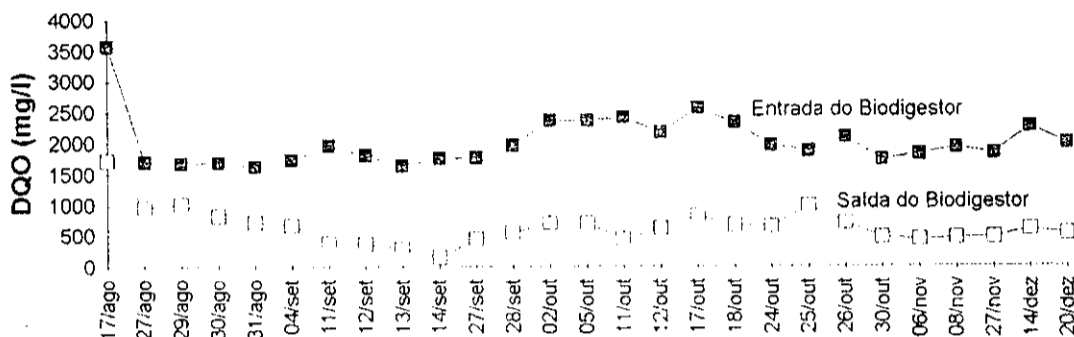
DATA	EFLUENTE BRUTO			ENTRADA BIO.			SAIDA BIO.		
	DQO	DBO	DQO/DBO	DQO	DBO	DQO/DBO	DQO	DBO	DQO/DBO
05/11/90				1810	763	2,4	374	35	10,7
02/07/91	4090	1217	3,4				642	66	9,7
17/10/91	3440	946	3,6				556	68	8,2
10/09/92	3480	1860	1,9	2360	969	2,4	432	23	18,8
14/10/92	3205	1195	2,7	2160	1045	2,1	591	37	16,0
MÉDIA	3648	1206	3,0	2110	926	2	519	46	13

DATA	EFICIENCIAS - % (DQO)			EFICIENCIAS - % (DBO)		
	DEC. PRIM	REATOR	TOTAL	DEC. PRIM	REATOR	TOTAL
05/11/90		79			95	
02/07/91			84			95
17/10/91			84			93
10/09/92	32	82	88	48	98	99
14/10/92	33	73	82	13	96	97
MÉDIA	33	76	83	30	96	95

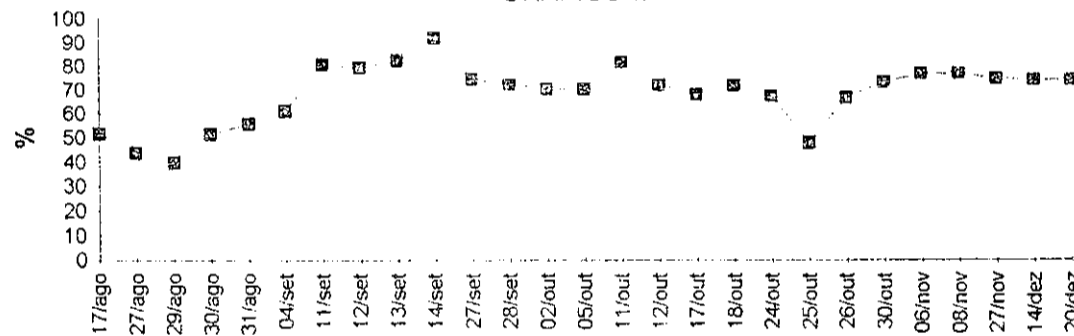
VARIAÇÃO DE VAZÃO - 1990
GRAFICO I



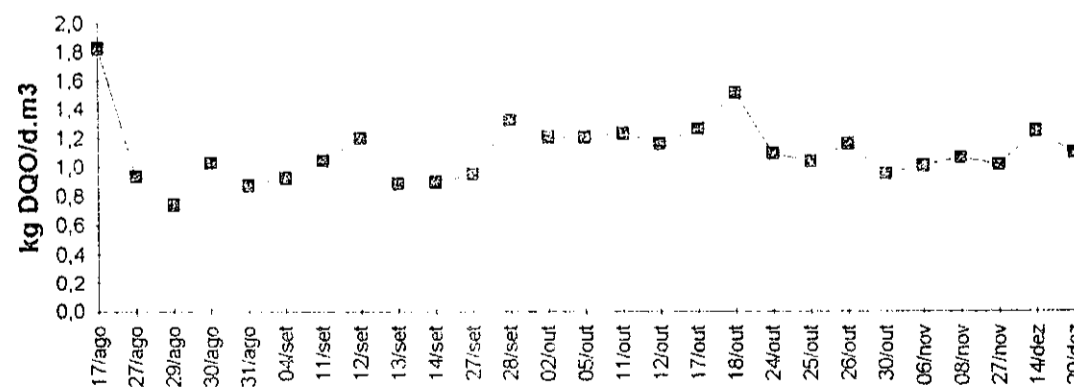
VARIAÇÃO DE DQO - 1992
GRAFICO II



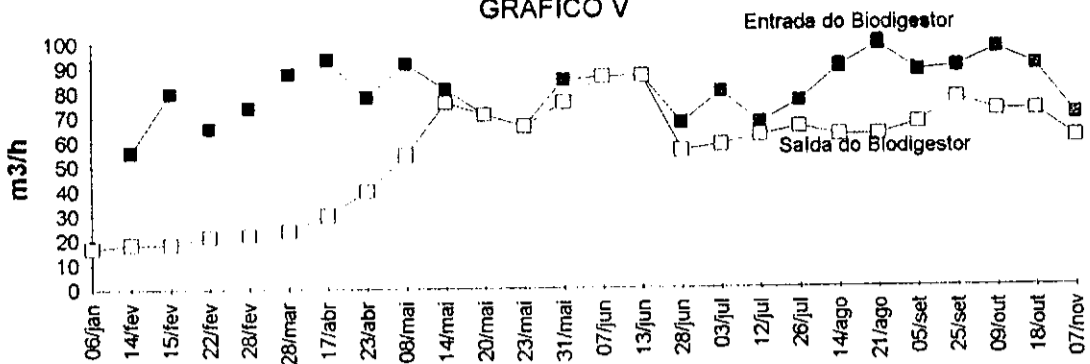
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO - 1992
GRAFICO III



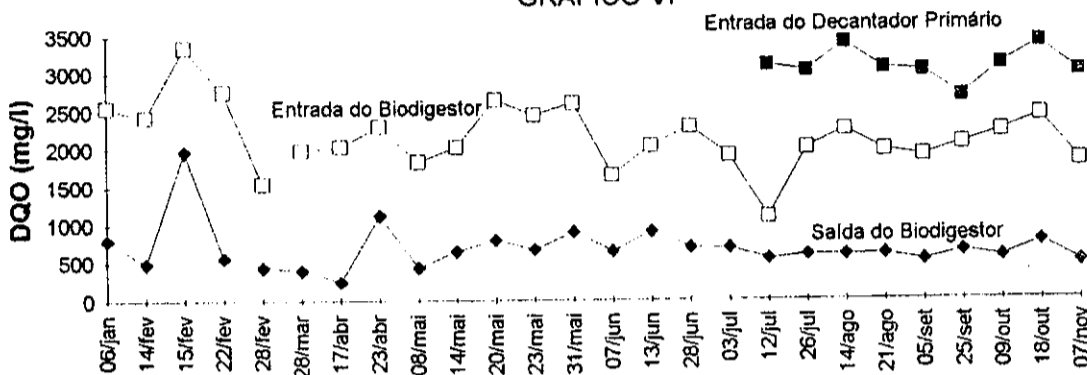
TAXA VOLUMÉTRICA - 1992
GRAFICO IV



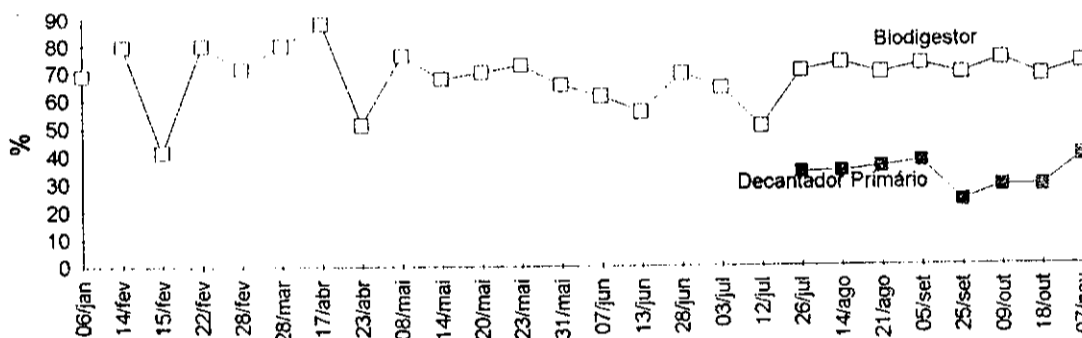
VARIAÇÃO DE VAZÃO - 1991
GRAFICO V



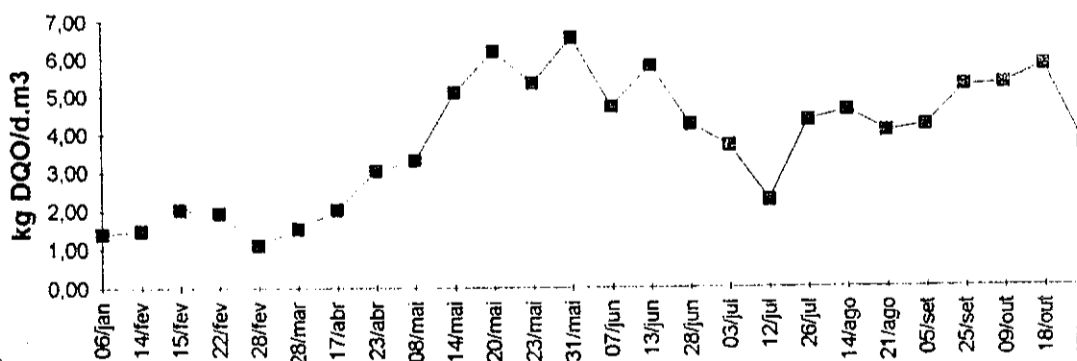
VARIAÇÃO DE DQO - 1991
GRAFICO VI



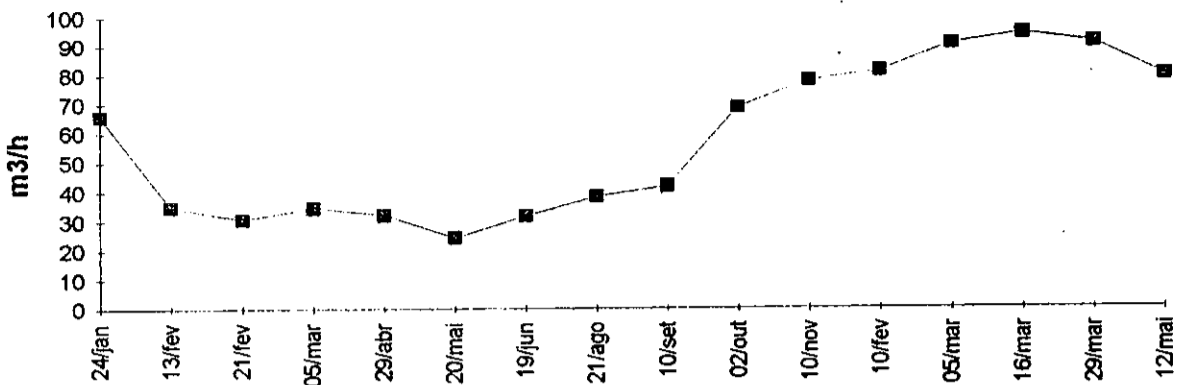
EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO DE DQO - 1991
GRAFICO VII



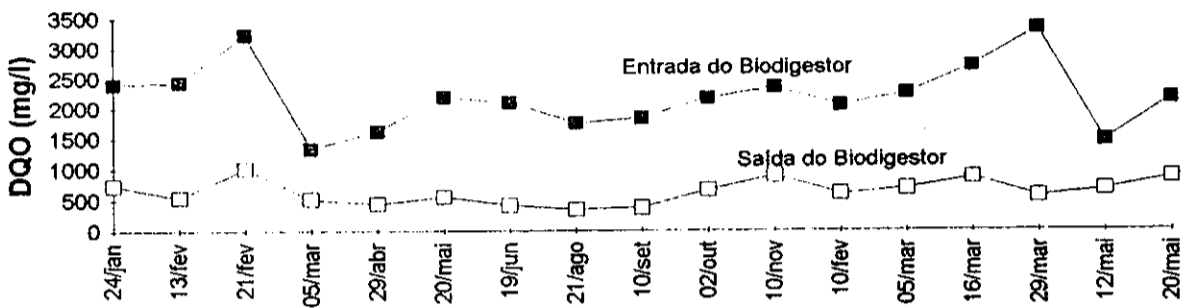
TAXAS VOLUMÉTRICAS - 1991
GRAFICO VIII



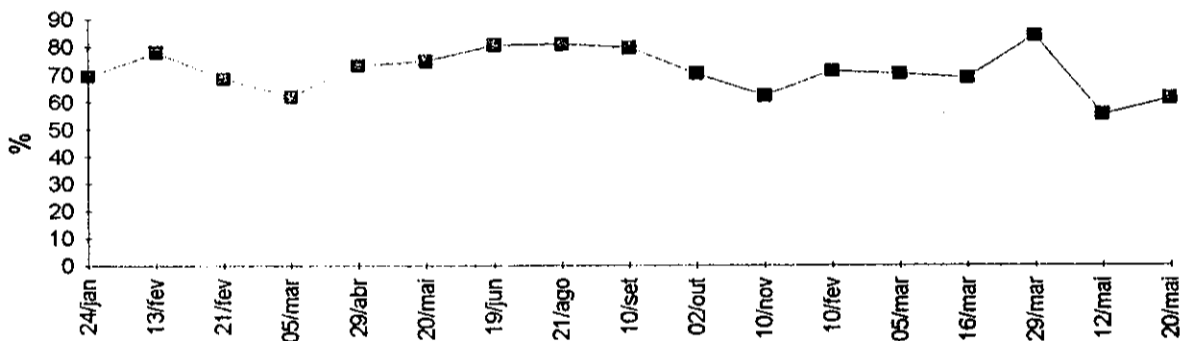
VARIAÇÃO DE VAZÃO - 1992/1993
GRAFICO IX



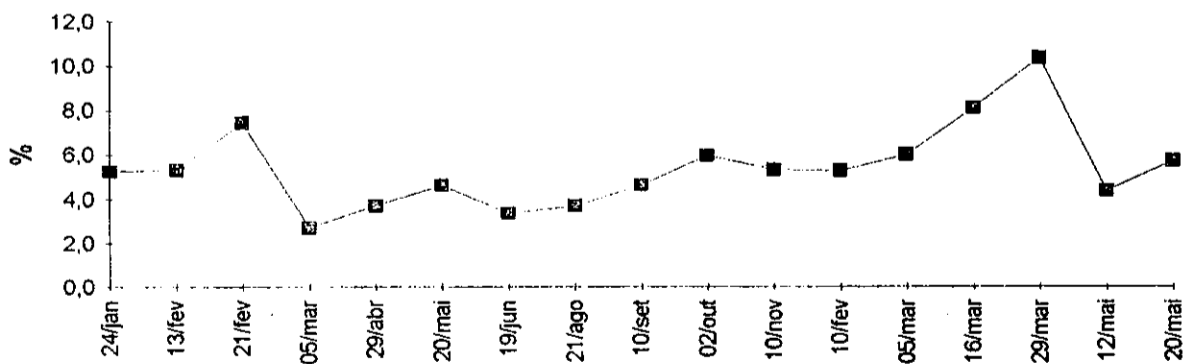
VARIAÇÃO DE DQO - 1992/1993
GRAFICO X



EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO - 92/93
GRAFICO XI

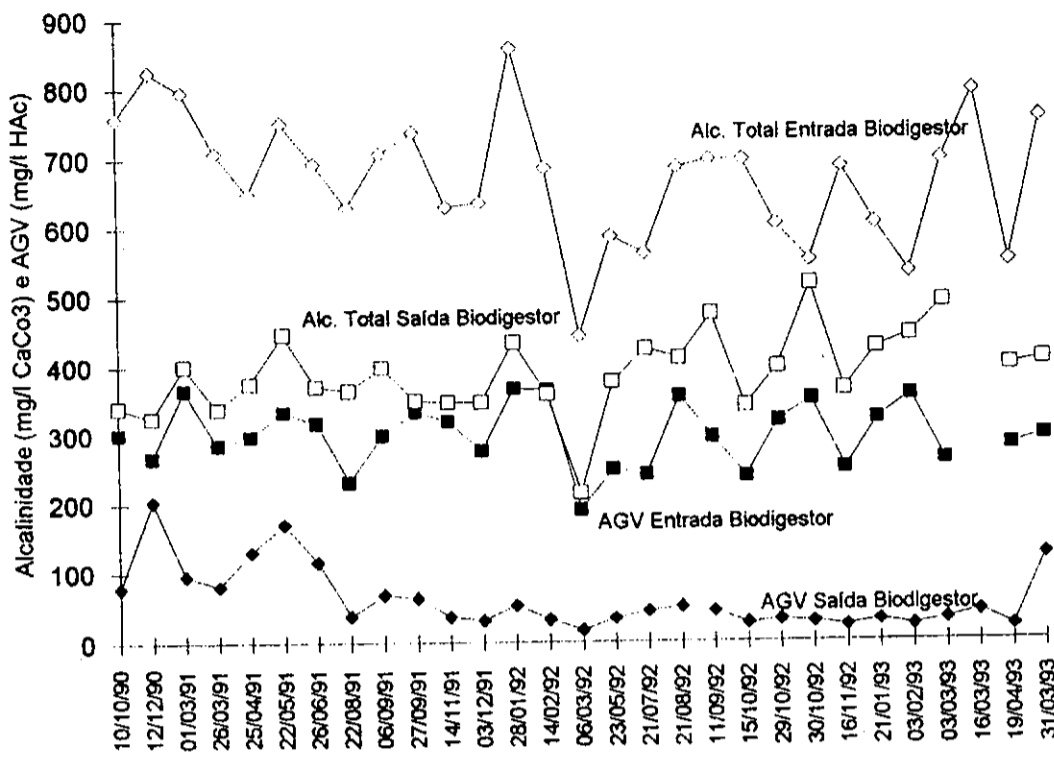


TAXA VOLUMÉTRICA - 1992/1993
GRAFICO XII



VARIAÇÃO DE AGV e ALCALINIDADE - 90/93

GRAFICO XIII



RELAÇÃO AGV/ALC. TOTAL 90/93

GRAFICO XIV

