

Lodo ativado por batelada: um processo econômico para o tratamento de esgotos em estações de grande porte

HISSASHI KAMIYAMA

Engenheiro, coordenador de Desenvolvimento de Sistemas de Esgotos Sanitários, Dept.^o de Projetos para o Interior. Diretoria do Interior da Sabesp

MILTON TOMOYUKI TSUTUYA

Engenheiro, coordenador de Planejamento da Superintendência de Planejamento Técnico. Diretoria de Engenharia da Sabesp

O processo de lodo ativado por batelada (LAB) tem sido utilizado na Sabesp e em muitos países para o tratamento de esgotos de comunidades de pequeno e médio portes (ver, a propósito, o artigo "Lodo Ativado por batelada (LAB): suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte". edições 157 e 159 da REVISTA DAE). O trabalho aqui apresentado mostra, através de comparações de custos de obras civis, equipamentos eletromecânicos e custos operacionais, que o LAB é mais econômico que o lodo ativado convencional para o tratamento de esgotos em estações de grande porte. Sua principal vantagem está na flexibilidade operacional que permite uma considerável economia nos custos de energia elétrica.

O processo de Lodo Ativado por Batelada (LAB), tem sido cada vez mais utilizado em países desenvolvidos, como o Japão, a Austrália e os Estados Unidos, para o tratamento de esgotos. Entretanto, nesses países o LAB é utilizado para o tratamento de esgotos de comunidades de pequeno e médio portes, uma vez que a maioria das cidades de grande porte já possui algum sistema convencional de tratamento.

O processo de LAB caracteriza-se por realizar as etapas de depuração num mesmo tanque reator (reação + decantação + drenagem do efluente), dispensando-se assim unidades com estruturas complexas e de custo elevado, tais como os decantadores e elevatórias para recirculação de lodo, e também os equipamentos eletromecânicos necessários a essas unidades.

Kamiyama apresenta detalhadamente os princípios operacionais do processo de lodo ativado por batelada nas referências (1) e (2) e mostra as

vantagens do LAB em relação ao processo de lodo ativado convencional (fluxo contínuo). No entanto, a maior vantagem do LAB em relação ao processo contínuo está na sua flexibilidade operacional, que permite uma considerável economia nos custos de energia elétrica.

O aumento das tarifas de energia elétrica acima dos índices inflacionários, o ICMS e a retirada gradativa do subsídio que era concedido nas tarifas de energia elétrica para serviços públicos de saneamento básico, tem conduzido a um custo bastante elevado em processo convencional de tratamento de esgoto, chegando em alguns casos, o custo da energia elétrica num período de 20 anos, ser da ordem de grandeza do custo de implantação (obra civil) de uma estação de tratamento de esgoto.

O presente trabalho tem por objetivo principal comparar os custos entre o processo do lodo ativado convencional de fluxo contínuo e o lodo ativado por batelada, uma vez que esses dois processos têm as mesmas eficiências quanto ao nível de tratamento de esgotos. As comparações foram feitas levando-se em consideração os custos de obras civis, custos de equipamentos e custos de energia elétrica, para um período de 20 anos de operação.

CÁLCULO DAS UNIDADES COMPONENTES DO LODO DO CONVENCIONAL (LAC) E O LODO ATIVADO POR BATELADA (LAB).

Como o objetivo deste trabalho é a comparação de custos entre o LAC e o LAB, será objeto do estudo apenas as unidades não comuns entre esses dois processos. As unidades de pré-condicionamento de esgotos, decantadores primários, unidades de tratamento de lodos etc., comuns aos dois processos não serão consideradas no estudo. Portanto, somente os reatores biológicos, decantadores secundários e elevatória de recirculação para o LAC serão objetos de análise.

Vazões e concentração orgânica

Para a comparação dos processos foi utilizada uma evolução de vazões conforme mostra o Quadro 1. A vazão inicial considerada foi de 75.000 m³/dia e para a sua evolução no período de 20 anos foi utilizada uma taxa de crescimento de 3% ao ano.

Com base nas curvas de variação horária da vazão de esgotos, pesquisadas em várias cidades do Estado de São Paulo, referências (3) e (4), a vazão horária foi dividida em três faixas distintas, sendo entre 8:00 às 14:00 horas onde ocorre a vazão máxima, das 14:00 às 21:30 horas, a vazão média e das 21:30 às 8:00 horas, a vazão mínima.

Quanto à concentração da DBO₅²⁰ no esgoto, foi adotado o valor de 300 mg/l e considerada constante, independentemente das variações nas vazões.

Etapas de implantação das unidades

As unidades serão implantadas em etapas, de acordo com o crescimento da vazão afluente. Assim, a 1ª etapa prevê a implantação para o atendimento da vazão diária de 100.000m³. As unidades adicionais serão implantadas na medida em que forem necessárias.

O Quadro 2 mostra o número de unidades necessárias em função do tempo para o Lodo Ativado Convencional e o Lodo Ativado por Batelada.

Cálculo dos reatores biológicos, elevatória de recirculação e decantadores finais para o Lodo Ativado Convencional

Reatores biológicos

Os parâmetros adotados foram:

- Fator de carga: 0,30 kg DBO₅/kg SSTA* dia;
- Concentração de SSTA: 3.000 mg/l;
- Redução de DBO na decantação primária: 30%;
- Concentração média de DBO no esgoto afluente: 300 mg/l.

A massa de sólidos em suspensão no reator será de:

$$M = \frac{100.000 \times 0,3 \times (1 - 0,3)}{0,3} = 70.0000 \text{ kg}$$

Portanto, há necessidade de três unidades de reatores biológicos, com as seguintes dimensões:

- Formato: retangular
- Largura: 19m
- Comprimento: 100m
- Profundidade útil: 4,10m
- Altura total: 5,60m

Número e potência dos aeradores

Adotando-se a taxa de transferência de oxigênio de 1,2 kg O₂/cv . h para aeradores mecânicos superficiais de baixa rotação (com redutores) e considerando o dimensionamento para a vazão máxima e admitindo o fator de 1,5 (PNB-570), tem-se o seguinte valor para a potência dos aeradores:

$$P = \frac{7.560 \times 0,3 \times (1 - 0,3) \times 1,5}{1,2} = 1985 \text{ cv}$$

Portanto, serão adotados 15 aeradores de 125cv cada, ou seja, 5 aeradores por reator.

Elevatória de recirculação de lodo

Parâmetro adotado:

- Taxa de retorno: 50% (50.000 m³/dia);
- A elevatória será do tipo parafuso, com 4 unidades (1 de reserva) e com as seguintes características, por unidade:
- Altura de elevação: 2m
 - Vazão: 200 l/s
 - Diâmetro do parafuso: 0,8m
 - Rotação: 60 rpm
 - Ângulo de inclinação: 30°
 - Potência do motor: 10 cv

Decantadores secundários

Parâmetros de projeto:

- Taxa de escoamento superficial máxima para

$$Q_{med} = 24 \text{ m}^3 / \text{d} \cdot \text{m}^2$$

- Tempo de detenção para $Q_{med} = 2,5 \text{ h}$

Portanto, a área superficial total dos decantadores será de 4.200m², com volume de 10.500m³. Considerando três decantadores, cada um deles terá as seguintes dimensões:

- Formato: circular
- Volume: 3.500m³
- Área superficial: 1.400m²
- Profundidade útil média: 2,5m
- Diâmetro: 42m

Cálculo dos reatores biológicos para o Lodo Ativado por Batelada

Reatores biológicos

Será considerado para cada reator um tempo mínimo de reação de 2,5 horas, na vazão de pico, incluindo o tempo de introdução do esgoto. Além do volume útil foi previsto um volume adicional de 50% destinado à sedimentação de sólidos biológicos.

Nos horários de pico, cada reator receberá cerca de 5.700 m³ de esgoto, e considerando o volume adicional de 50%, o volume útil de cada reator será de 8.500 m³. A seguir são apresentadas as características de cada reator:

- Formato: retangular
- Largura: 21,5 m
- Comprimento: 88 m
- Profundidade útil: 4,5 m
- Altura total: 5,50 m

Número e potência dos aeradores

Adotando-se a taxa de transferência de oxigênio de 1,0 kg O₂/cv . h para aeradores superficiais flutuantes de alta rotação e considerando o fator de 1,5 (PNB-570), tem-se a seguinte potência dos aeradores:

$$P = \frac{5.700 \times 0,3 \times (1 - 0,30) \times 1,5}{2,5 \times 1,0} = 718 \text{ cv}$$

Serão adotados 4 aeradores de 200 cv por reator.

ASPECTOS OPERACIONAIS E CONSUMO DE ENERGIA ENTRE O LODO ATIVADO CONVENCIONAL E O LODO ATIVADO POR BATELADA

A diferença fundamental entre os dois processos está no modo operacional. Geralmente no LAC, o reator é operado de tal modo que todos os aeradores instalados são operados continuamente, independentemente da variação de vazão durante as horas do dia. É evidente que este modo operacional desperdiça a energia, além de prejudicar a qualidade do efluente.

Neste estudo, adotou-se um número mínimo de aeradores para atender a vazão de pico, e foi mantido pelo menos três aeradores por reator no período de vazão mínima para efetuar a mistura. O Quadro 3 apresenta o modo operacional do processo de lodo ativado convencional.

O reator do LAB opera intermitentemente, ligando e desligando os aeradores de modo a satisfazer a demanda de oxigênio do esgoto, podendo variar tanto a quantidade e o tempo de funcionamento dos aeradores. Com base em experiências operacionais LAB, na Sabesp, foi adotado para o tempo máximo de parada dos aeradores, em torno de 5 horas. O esquema operacional do LAB foi concebido de modo a evitar o consumo de energia no período de pico, ou seja, das 17:30 às 20:30 horas, no Estado de São Paulo.

As figuras 1a e 1b ilustram as unidades componentes do processo do lodo ativado convencional e do lodo ativado por batelada. As figuras 2a e 2b mostram, respectivamente, um exemplo do esquema operacional do LAB e o número de aeradores utilizados nos reatores para a vazão de 100.000 m³/dia. Os dados comparativos entre o LAB e o LAC são apresentados no Quadro 4.

No Quadro 5 são apresentados os consumos de energia elétrica, ano a ano, em um período de 20 anos, calculados com base em esquemas operacionais já abordados.

ESTIMATIVA DE CUSTOS

Custos de construção civil

Os custos de obras civis foram levantados com base em orçamentos elaborados pela Sabesp, Diretoria de Construção, em obras do mesmo porte, sendo utilizados os orçamentos das estações de tratamento de esgotos de São José dos Campos e de Franca, cidades localizadas no interior do Estado de São Paulo.

Para efeito de comparação, somente foram levantados os custos não comuns das obras civis, e para a análise econômica foi utilizado o critério do "valor presente" com taxa de desconto de 11% ao ano.

Lodo Ativado Convencional

Ano de Implantação	Custo (BTN)		Custo Total (BTN)
	Reator Biológico	Decantador secundário + elevat. recircul.	
0	2.260.270	1.326.945	3.587.215
11	753.423	442.315	1.195.738

O valor presente dos custos será o seguinte:

ANO	Investimento (BTN)	I.V.A. (11%)	Valor atualizado (BTN)
0	3.587.215	1,00	3.587.215
11	1.195.738	0,2858	341.742
TOTAL			3.928.957

$I_0 =$ Agosto/90 (BTN = 53,4071)

Lodo Ativado por Batelada

Ano de Implantação	CUSTO (BTN)		Custo Total (BTN)
	Reator Biológico		
0	3.164.365		3.164.365
9	632.873		632.873
13	632.873		632.873

Valor presente dos custos:

Ano	Investimento (BTN)	I.V.A. (11%)	Valor atualizado (BTN)
0	3.164.365	1,00	3.164.365
9	632.873	0,3522	222.898
13	632.873	0,2575	162.965
TOTAL			3.550.228

$I_0 =$ Agosto/90 (BTN = 53,4071)

Custos dos equipamentos eletromecânicos

Os custos dos equipamentos eletromecânicos foram obtidos através das pesquisas realizadas junto aos fabricantes e também levando-se em conta as experiências dos autores nesse tipo de obra.

Como a somatória de custos dos aeradores tanto para o LAB como para o LAC, são da mesma ordem de grandeza, não foram consideradas neste item. Portanto, somente os equipamentos não comuns, como os equipamentos para o decantador secundário e a elevatória de recirculação de lodo, integrantes do processo do LAC, foram computados neste item.

Lodo Ativado Convencional

Ano	Custo (BTN)		Custo Total (BTN)
	Decantador secundário + elevat. recirculação		
0	635.195		635.195
11	197.096		197.096

Valor presente dos custos:

Ano	Investimento (BTN)	I.V.A. (11%)	Valor atualizado (BTN)
0	635.195	1,00	635.195
11	197.096	0,2858	56.330
TOTAL			691.525

$I_0 =$ Dezembro/90 (BTN = 88,3941)

Custos de energia elétrica

Os custos operacionais de uma estação de tratamento de esgotos compõe-se de custos de manutenção e de operação.

Desses custos, foi considerado que somente os custos de energia elétrica sofrem variações significativas entre os dois processos em estudo.

Para o cálculo dos custos devido a energia elétrica foi utilizado o trabalho elaborado por Tsutiya (5), onde se encontram maiores detalhes.

A figura 3 foi utilizada para a determinação do custo da energia por kWh em função do fator de carga da instalação e do fator de carga na ponta, para as tarifas de alta tensão convencional, horo-sazonal azul e horo-sazonal verde. Esses custos representam um valor médio anual, calculado através de uma média ponderada entre as tarifas na ponta e fora de ponta.

Nos quadros 6, 7, 8, 9, 10 e 11 estão calculados os custos de energia para o LAC e LAB, utilizando-se a tarifa convencional, a tarifa azul e a tarifa verde, cujos resultados finais são apresentados a seguir:

Tipo de tarifa	Custo Total (BTN)	
	LAC	LAB
Convencional	10.519.276	10.865.170
Azul	7.317.926	6.662.765
Verde	7.621.113	6.662.765

$I_0 =$ Março/90 (BTN = 29,5399)

Pelo que se observa é de extrema importância a escolha da tarifa correta para diminuir os custos de energia elétrica, pois, para uma mesma instalação (LAB), se a opção foi pela tarifa convencional, haverá um acréscimo de 63% nos custos de energia em relação à opção pelas tarifas azul ou verde.

É importante destacar que, devido à flexibilidade operacional do LAB, o seu custo de energia é no mínimo de 10% inferior ao LAC. Essa diferença tende a aumentar gradativamente com o passar dos anos, devido ao fato de que as tarifas de energia elétrica têm aumentado acima dos índices inflacionários, diante da perspectiva de crise no setor elétrico prevista para os próximos anos.

COMPARAÇÃO DAS CUSTOS

A seguir é apresentado o resumo dos custos que foram determinados no item 4.

ETE	Custo (BTN)	
	LAC	LAB
Construção Civil	3.928.957	3.550.228
Equipamentos eletromecânicos	691.525	—
Energia elétrica	7.317.926	6.662.765
TOTAL	11.938.408	10.212.993

Pelo que se observa, os custos do LAB são inferiores aos do LAC, tanto em construção civil, em equipamentos eletromecânicos e nos custos de energia elétrica, sendo a diferença da ordem de 17%.

CONCLUSÕES

- O processo de Lodo Ativado por Batelada (LAB) constitui uma alternativa econômica para o tratamento de esgotos em estações de pequeno, médio e grande portes.
- Devido à flexibilidade operacional do LAB, o processo leva a uma redução nos custos de energia de, no mínimo, 10% em relação ao processo do Lodo Ativado Convencional (LAC).
- A escolha criteriosa do tipo de tarifa de energia elétrica é de fundamental importância para a diminuição nos custos de energia. Para o LAC a tarifa mais econômica é a horo-sazonal azul e para o LAB pode ser utilizado a tarifa horo-sazonal azul ou a verde.
- Os custos de construção civil, equipamentos eletromecânicos e de energia elétrica são menores no processo do LAB, e, considerando-se somente os custos não comuns a diferença é da ordem de 17% em relação ao LAC, o que torna o LAB um processo vantajoso mesmo para o caso de tratamento de esgotos das cidades de grande porte.

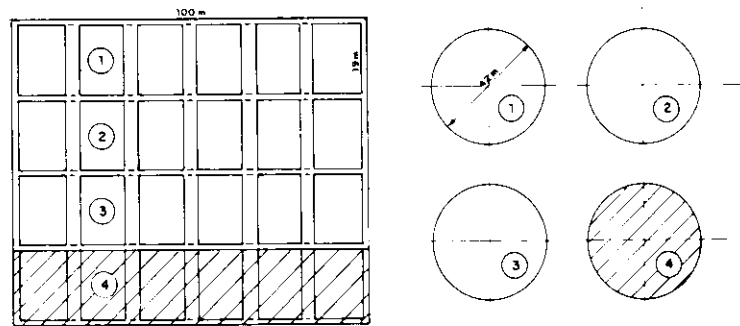
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Kamiyama, H. - Lodo Ativado por Batelada (LAB): os princípios, as modalidades operacionais e suas vantagens, 16º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia-Goiás - Set/1991.
- 2 - Kamiyama, H. - Lodo Ativado por Batelada (LAB). Experiência da Sabesp e futuros desenvolvimentos, 16º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia Goiás - Set/1991.
- 3 - Tsutiya, M.T.; Bruno, D.P. - Infiltração de água nos coletores de esgotos sanitários. *Revista DAE*, 134: 23, 28, 1983.
- 4 - Cetesb, São Paulo - Condições de funcionamento de sete lagoas de estabilização no Estado de São Paulo. *Revista DAE*, 124: 55 - 74, 1981.
- 5 - Tsutiya, M.T. - redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de sistemas de abastecimento de água de pequeno e médio portes. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

FIGURA 1

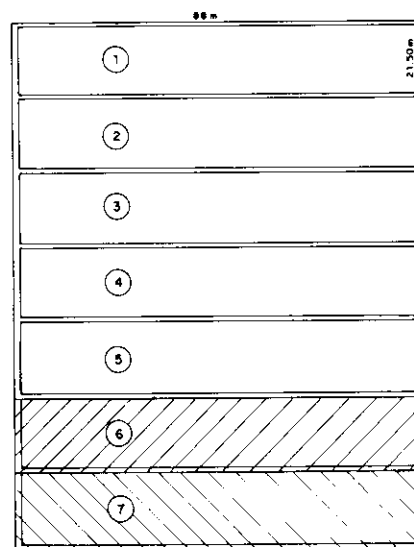
Unidades componentes de processos

a) - LODO ATIVADO CONVENCIONAL



1, 2 e 3 - 1º ao 11º ANO
4 - A PARTIR DO 12º ANO

b) - LODO ATIVADO POR BATELADA



1 a 5 - 1º ao 9º ANO
6 - A PARTIR DO 10º ANO
7 - A PARTIR DO 14º ANO

FIGURA 2A

Esquema operacional do LAB para Q = 100.000m³/d

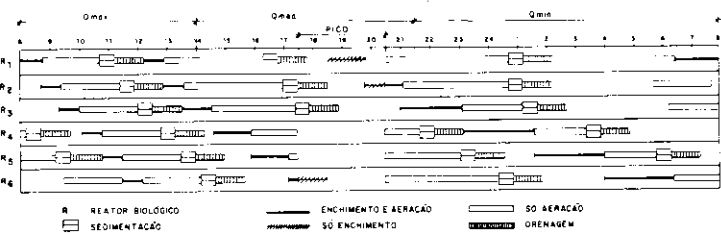
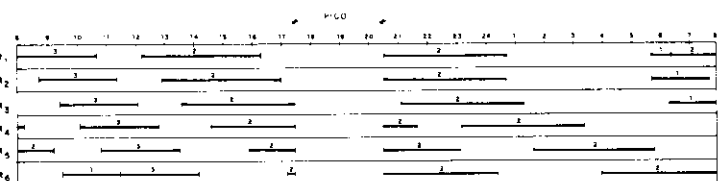


FIGURA 2B

Tempo e número de aeradores em funcionamento



QUADRO 1

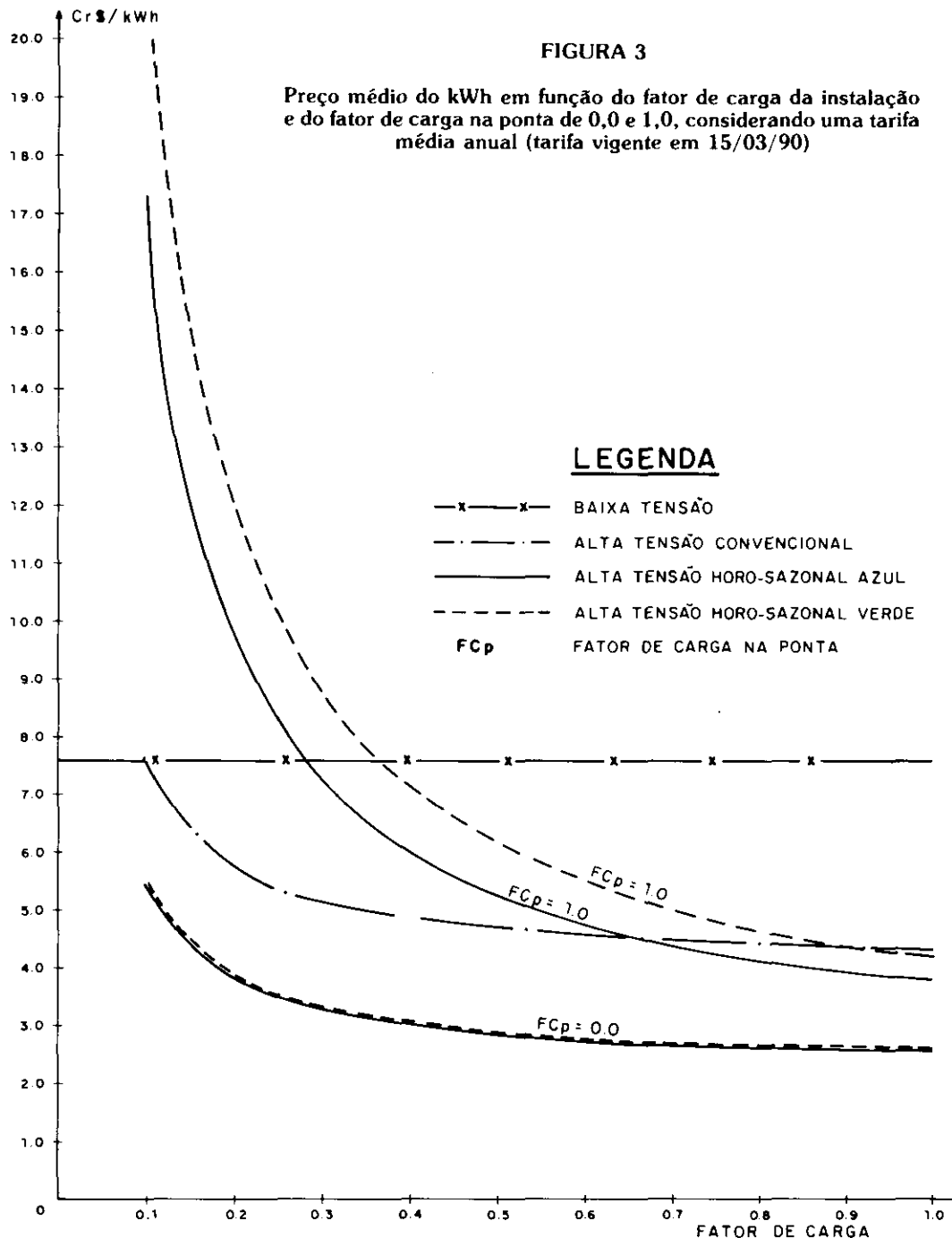
Evolução da vazão no período de 20 anos

ANO	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m ³ /dia)	Q MÁXIMA HORÁRIA (m ³ /h) (8:00-14:00 h)	Q MÉDIA (m ³ /h) (14:00-21:30 h)	Q MÍNIMA (m ³ /h) (21:30-8:00 h)
1	75.000	5.625	3.125	1.675
2	77.250	5.800	3.220	1.725
3	79.570	5.970	3.320	1.780
4	81.950	6.150	3.410	1.830
5	84.410	6.330	3.520	1.890
6	86.950	6.520	3.620	1.940
7	89.550	6.720	3.730	2.000
8	92.240	6.920	3.840	2.060
9	95.000	7.120	3.960	2.120
10	97.860	7.340	4.080	2.185
11	100.800	7.560	4.200	2.250
12	103.820	7.790	4.320	2.320
13	106.930	8.020	4.450	2.390
14	110.140	8.260	4.590	2.460
15	113.440	8.510	4.730	2.535
16	116.850	8.760	4.870	2.610
17	120.350	9.030	5.010	2.690
18	123.960	9.300	5.160	2.770
19	127.680	9.580	5.320	2.850
20	131.500	9.860	5.480	2.940

QUADRO 2

Número de unidades necessárias ao longo dos anos

PROCESSO / UNIDADE	LAB	LODO ATIVADO CONVENCIONAL
REATORES BIOLÓGICOS	1ª a 9ª Ano: 5 un 10ª a 13ª Ano: 6 un 14ª a 20ª Ano: 7 un	1ª a 11ª Ano: 3 un 12ª a 20ª Ano: 4 un
DECANTADORES FINAIS		1ª a 11ª Ano: 3 un 12ª a 20ª Ano: 4 un
ELEVATÓRIA DE RECIRCULAÇÃO		1ª a 20ª Ano: 1 un



Quadro 3

Modo operacional do processo de lodo ativado convencional

NÚMERO DE AERADORES LIGADOS		BOMBAS DE RECIRC. UTILIZADAS
8-14 hs	14-8 hs	
1º a 4º Ano: 12	1º a 11º Ano: 9	1º a 6º Ano: 2
5º a 11º Ano: 15		2
12º a 13º Ano: 16	12º a 20º Ano: 12	7º a 20º Ano: 3
14º a 20º Ano: 20		3

QUADRO 4

Quadro comparativo entre as unidades componentes dos dois processos (por unidade)

UNIDADE	CARACTERÍSTICAS	PROCESSO CONVENCIONAL	LAB
REATOR BIOLÓGICO	VOLUME UNITÁRIO (m³)	10.640 (ÚTIL 7.750)	10.400 (ÚTIL 5.700)
	FORMATO	RETANGULAR	RETANGULAR
	DIMENSÕES (m)	100 x 10 x 5,6	88 x 21,5 x 5,5
	TIPO DE AFRADOR ADOPTADO	MECÂNICO SUPERF/LENTO E FIXO	MECÂNICO SUPERF/RÁPIDO E FLUTUANTE
DECANTADOR FINAL	QUANTIDADE E POTÊNCIA DO AFRADOR/REATOR	5 x 125 cv	4 x 200
	TAXA DE TRANSF. DE O ₂ (kg O ₂ /cv x h)	1,2	1,0
	TAXA DE APLIC. SUPERF. PARA Q med. (m ² /d x m ²)	24	-
ELEVATÓRIA DE RECIRC.	TEMPO DE DET. HÍDR. PARA Q med. (h)	2,5	-
	FORMATO	CIRCULAR	-
	DIÂMETRO E PROFUND. ÚTIL (m)	42; 2,5	-
ELEVATÓRIA DE RECIRC.	TIPO DE BOMBA	PARAFUSO	-
	TAXA DE RECIRCULAÇÃO PARA Q med. (%)	40 a 60	-
	VAZÃO E POTÊNCIA DA BOMBA (l/s; cv)	200; 10	-

QUADRO 6

Custo de energia elétrica — processo convencional/tarifa convencional

ANO	VAZÃO (m³/d)	ENERGIA ANUAL CONSUMIDA (kWh)	CUSTO DA ENERGIA		CUSTO ANUAL DE ENERGIA (Cr\$)	I.V.A (11%)	VALOR CORRIGIDO (Cr\$)
			FC	Cr\$/kWh			
1	75.000	8.095.200	1,00	4,30	34.809.360	0,901	31.363.233
2	77.250	8.095.200	1,00	4,30	34.809.360	0,8116	28.251.276
3	79.570	8.095.200	1,00	4,30	34.809.360	0,7312	25.452.604
4	81.950	8.095.200	1,00	4,30	34.809.360	0,6587	22.928.925
5	84.410	8.707.800	1,00	4,30	37.443.540	0,5935	22.222.740
6	86.950	8.707.800	1,00	4,30	37.443.540	0,5346	20.017.316
7	89.550	8.773.100	1,00	4,30	37.724.330	0,4817	18.171.809
8	92.240	8.773.100	1,00	4,30	37.724.330	0,4339	16.368.586
9	95.000	8.773.100	1,00	4,30	37.724.330	0,3909	14.746.440
10	97.860	8.773.100	1,00	4,30	37.724.330	0,3522	13.286.509
11	100.800	8.773.100	1,00	4,30	37.724.330	0,3173	11.969.929
12	103.820	10.815.300	1,00	4,30	46.505.790	0,2858	13.291.354
13	106.930	10.815.300	1,00	4,30	46.505.790	0,2575	11.975.240
14	110.140	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,2320	11.604.282
15	113.440	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,2090	10.453.858
16	116.850	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,1883	9.418.476
17	120.350	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,1696	8.483.130
18	123.960	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,1528	7.642.820
19	127.680	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,1377	6.887.541
20	131.500	11.632.200	1,00	4,30	50.018.460	0,1240	6.202.289

CUSTO TOTAL 310.738.357,00

QUADRO 5

Consumo anual de energia elétrica (kWh x ano)

ANO	PROC. CONVENCIONAL (a) (A)	LAB (b) (B)	DIFERENÇA (%) [(A-B)/B] x 100
1	8.095.200	7.068.700	14,5
2	8.095.200	7.046.900	14,9
3	8.095.200	7.221.100	12,1
4	8.095.200	7.417.200	9,1
5	8.707.800	7.787.500	11,8
6	8.707.800	7.950.800	9,5
7	8.773.100	8.364.800	4,9
8	8.773.100	8.498.500	3,2
9	8.773.100	8.613.100	1,8
10	8.773.100	8.787.600	- 0,2
11	8.773.100	9.120.400	- 3,8
12	10.815.300	9.561.000	13,1
13	10.815.300	9.982.100	8,3
14	11.632.200	9.922.200	17,2
15	11.632.200	10.189.100	14,2
16	11.632.200	10.385.100	12,0
17	11.632.200	11.251.000	3,4
18	11.632.200	11.615.800	0,1
19	11.632.200	11.643.200	- 0,1
20	11.632.200	11.969.900	- 2,8
TOTAL	196.717.900	184.396.000	6,7

(a) Já inclui o consumo devido a elevatória de recirculação

(b) Não há consumo energético no período de pico (17:30 - 20:30 h)

QUADRO 7

Custo de energia elétrica — processo LAB / tarifa convencional

Io = Março/90

ANO	VAZÃO (m³/d)	ENERGIA ANUAL CONSUMIDA (kWh)	CUSTO DA ENERGIA		CUSTO ANUAL DE ENERGIA (Cr\$)	I.V.A (11%)	VALOR CORRIGIDO (Cr\$)
			FC	Cr\$/kWh			
1	75.000	7.068.700	0,31	5,10	36.050.370	0,901	32.481.383
2	77.250	7.046.900	0,41	4,85	34.177.465	0,8116	27.738.430
3	79.570	7.221.100	0,42	4,80	34.661.280	0,7312	25.344.327
4	81.950	7.417.200	0,43	4,79	35.528.388	0,6587	23.402.549
5	84.410	7.787.500	0,45	4,77	37.146.375	0,5935	22.046.373
6	86.950	7.950.800	0,35	4,98	39.594.984	0,5346	21.167.478
7	89.550	8.364.800	0,36	4,95	41.405.760	0,4817	19.945.154
8	92.240	8.498.500	0,37	4,93	41.897.605	0,4339	18.179.370
9	95.000	8.613.100	0,38	4,90	42.204.190	0,3909	16.497.617
10	97.860	8.787.600	0,51	4,67	41.038.092	0,3522	14.453.616
11	100.800	9.120.400	0,53	4,65	42.409.860	0,3173	13.456.648
12	103.820	9.561.000	0,42	4,80	45.892.800	0,2858	13.116.162
13	106.930	9.982.100	0,44	4,78	47.714.438	0,2575	12.286.467
14	110.140	9.922.200	0,58	4,60	45.642.120	0,2320	10.588.971
15	113.440	10.189.100	0,59	4,57	46.564.187	0,2090	9.731.915
16	116.850	10.385.100	0,60	4,53	47.044.503	0,1883	8.858.479
17	120.350	11.251.000	0,49	4,70	52.879.700	0,1696	8.968.397
18	123.960	11.615.800	0,51	4,67	54.245.786	0,1528	8.288.756
19	127.680	11.643.200	0,51	4,67	54.373.744	0,1377	7.487.264
20	131.500	11.969.900	0,52	4,66	55.779.734	0,1240	6.916.687

CUSTO TOTAL 320.956.043,00

QUADRO 8

**Custo de energia elétrica – processo convencional /
tarifa horazonal azul**

Io=Março/90

ANO	VAZÃO (m³/d)	ENERGIA ANUAL CONSUMIDA (LW/h)		CUSTO DA ENERGIA (Cr\$/LW/h)			CUSTO ANUAL DE ENERGIA (Cr\$)	I V A (11%)	VALOR CORRIGIDO (Cr\$)
		FORA DE PONTA	PONTA	FC	FP	P			
1	75.000	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	3,80	24.355.860	0,901	21.944.629
2	77.250	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	3,80	24.355.860	0,8116	19.767.215
3	79.570	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	3,80	24.355.860	0,7312	17.809.004
4	81.950	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	3,80	24.355.860	0,6587	16.043.204
5	84.410	5.950.850	2.756.950	1,00	2,60	3,80	25.948.620	0,5935	15.400.505
6	86.950	5.950.850	2.756.950	1,00	2,60	3,80	25.948.620	0,5346	13.872.132
7	89.550	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	3,80	26.118.400	0,4817	12.581.230
8	92.240	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	3,80	26.118.400	0,4339	11.332.773
9	95.000	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	3,80	26.118.400	0,3909	10.209.682
10	97.860	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	3,80	26.118.400	0,3522	9.198.900
11	100.800	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	3,80	26.118.400	0,3173	8.287.368
12	103.820	7.139.400	3.675.900	1,00	2,60	3,80	32.530.860	0,2858	7.297.319
13	106.930	7.139.400	3.675.900	1,00	2,60	3,80	32.530.860	0,2575	6.376.696
14	110.140	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,2320	5.409.913
15	113.440	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,2090	4.742.853
16	116.850	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,1883	4.052.498
17	120.350	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,1696	3.477.454
18	123.960	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,1528	2.995.253
19	127.680	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,1377	2.577.965
20	131.500	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	3,80	34.654.800	0,1240	2.297.195

CUSTO TOTAL 216.170.791,00

QUADRO 10

**Custo de energia elétrica – processo convencional /
tarifa horazonal verde**

Io=Março/90

ANO	VAZÃO (m³/d)	ENERGIA ANUAL CONSUMIDA (LW/h)		CUSTO DA ENERGIA (Cr\$/LW/h)			CUSTO ANUAL DE ENERGIA (Cr\$)	I V A (11%)	VALOR CORRIGIDO (Cr\$)
		FORA DE PONTA	PONTA	FC	FP	P			
1	75.000	7.068.700	-	0,31	3,25	-	22.973.275	0,901	20.698.920
2	77.250	7.046.900	-	0,41	2,97	-	20.929.293	0,8116	16.986.214
3	79.570	7.221.100	-	0,42	2,95	-	21.302.245	0,7312	15.576.201
4	81.950	7.417.200	-	0,43	2,91	-	21.584.052	0,6587	14.217.415
5	84.410	7.787.500	-	0,45	2,89	-	22.505.875	0,5935	13.357.236
6	86.950	7.450.800	-	0,35	3,15	-	25.045.020	0,5346	13.389.067
7	89.550	8.364.800	-	0,36	3,10	-	25.930.380	0,4817	12.490.904
8	92.240	8.498.500	-	0,37	3,08	-	26.175.380	0,4339	11.357.497
9	95.000	8.613.100	-	0,38	3,05	-	26.269.955	0,3909	10.268.925
10	97.860	8.787.600	-	0,51	2,80	-	24.605.280	0,3522	8.665.979
11	100.800	9.120.400	-	0,53	2,78	-	25.354.712	0,3173	7.805.050
12	103.820	9.561.000	-	0,42	2,95	-	28.204.950	0,2858	6.860.974
13	106.930	9.982.100	-	0,44	2,90	-	28.948.090	0,2575	6.054.133
14	110.140	9.922.200	-	0,58	2,73	-	27.087.606	0,2320	5.284.324
15	113.440	10.189.100	-	0,59	2,74	-	27.918.134	0,2090	4.634.890
16	116.850	10.385.100	-	0,60	2,75	-	28.559.025	0,1883	4.052.498
17	120.350	11.251.000	-	0,49	2,70	-	30.377.700	0,1696	3.512.057
18	123.960	11.615.800	-	0,51	2,80	-	32.524.240	0,1528	3.052.498
19	127.680	11.643.200	-	0,51	2,80	-	32.600.960	0,1377	2.697.965
20	131.500	11.969.900	-	0,52	2,79	-	33.396.021	0,1240	2.411.106

CUSTO TOTAL Cr\$ 196.817.411,00

QUADRO 9

Custo de energia elétrica – processo LAB / tarifa horo-sazonal azul

Io = Março/90

ANO	VAZÃO (m³/d)	ENERGIA ANUAL CONSUMIDA (LW/h)		CUSTO DA ENERGIA (Cr\$/LW/h)			CUSTO ANUAL DE ENERGIA (Cr\$)	I V A (11%)	VALOR CORRIGIDO (Cr\$)
		FORA DE PONTA	PONTA	FC	FP	P			
1	75.000	7.068.700	-	0,31	3,25	-	22.973.275	0,901	20.698.920
2	77.250	7.046.900	-	0,41	2,97	-	20.929.293	0,8116	16.986.214
3	79.570	7.221.100	-	0,42	2,95	-	21.302.245	0,7312	15.576.201
4	81.950	7.417.200	-	0,43	2,91	-	21.584.052	0,6587	14.217.415
5	84.410	7.787.500	-	0,45	2,89	-	22.505.875	0,5935	13.357.236
6	86.950	7.950.800	-	0,35	3,15	-	25.045.020	0,5346	13.389.067
7	89.550	8.364.800	-	0,36	3,10	-	25.930.380	0,4817	12.490.904
8	92.240	8.498.500	-	0,37	3,08	-	26.175.380	0,4339	11.357.497
9	95.000	8.613.100	-	0,38	3,05	-	26.269.955	0,3909	10.268.925
10	97.860	8.787.600	-	0,51	2,80	-	24.605.280	0,3522	8.665.979
11	100.800	9.120.400	-	0,53	2,78	-	25.354.712	0,3173	7.805.050
12	103.820	9.561.000	-	0,42	2,95	-	28.204.950	0,2858	6.860.974
13	106.930	9.982.100	-	0,44	2,90	-	28.948.090	0,2575	6.054.133
14	110.140	9.922.200	-	0,58	2,73	-	27.087.606	0,2320	5.284.324
15	113.440	10.189.100	-	0,59	2,74	-	27.918.134	0,2090	4.634.890
16	116.850	10.385.100	-	0,60	2,75	-	28.559.025	0,1883	4.052.498
17	120.350	11.251.000	-	0,49	2,70	-	30.377.700	0,1696	3.512.057
18	123.960	11.615.800	-	0,51	2,80	-	32.524.240	0,1528	3.052.498
19	127.680	11.643.200	-	0,51	2,80	-	32.600.960	0,1377	2.697.965
20	131.500	11.969.900	-	0,52	2,79	-	33.396.021	0,1240	2.411.106

CUSTO TOTAL Cr\$ 196.817.411,00

QUADRO 11

Custo de energia elétrica – processo LAB / tarifa horo-sazonal verde

Io=Março/90

ANO	VAZÃO (m³/d)	ENERGIA ANUAL CONSUMIDA (LW/h)		CUSTO DA ENERGIA (Cr\$/LW/h)			CUSTO ANUAL DE ENERGIA (Cr\$)	I V A (11%)	VALOR CORRIGIDO (Cr\$)
		FORA DE PONTA	PONTA	FC	FP	P			
1	75.000	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	4,18	25.403.501	0,901	22.888.554
2	77.250	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	4,18	25.403.501	0,8116	20.617.481
3	79.570	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	4,18	25.403.501	0,7312	18.575.039
4	81.950	5.338.250	2.756.950	1,00	2,60	4,18	25.403.501	0,6587	16.733.286
5	84.410	5.950.850	2.756.950	1,00	2,60	4,18	26.996.261	0,5935	16.022.280
6	86.950	5.950.850	2.756.950	1,00	2,60	4,18	26.996.261	0,5346	14.432.201
7	89.550	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	4,18	27.166.041	0,4817	13.085.881
8	92.240	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	4,18	27.166.041	0,4339	11.787.345
9	95.000	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	4,18	27.166.041	0,3909	10.619.205
10	97.860	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	4,18	27.166.041	0,3522	9.567.879
11	100.800	6.016.150	2.756.950	1,00	2,60	4,18	27.166.041	0,3173	8.619.784
12	103.820	7.139.400	3.675.900	1,00	2,60	4,18	33.927.702	0,2858	7.696.537
13	106.930	7.139.400	3.675.900	1,00	2,60	4,18	33.927.702	0,2575	6.736.383
14	110.140	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,2320	5.863.980
15	113.440	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,2090	5.134.793
16	116.850	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,1883	4.488.524
17	120.350	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,1696	3.914.358
18	123.910	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,1528	3.406.690
19	127.680	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,1377	3.064.311
20	131.500	7.956.300	3.675.900	1,00	2,60	4,18	36.051.642	0,1240	2.764.403

CUSTO TOTAL Cr\$ 225.126.914,00