

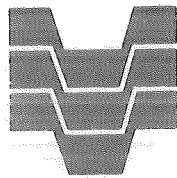


12º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Pavilhão de Exposições

Balneário Camboriú - Santa Catarina - 20 a 25 Nov 1983

19 - Controle da Poluição do Ar por Caldeira a Óleo: Controle Direto x Substituição por Caldeira Elétrica Estudo Comparativo de Custo



CETESB

ARQUIVO TECNICO

8203
L614c
012338



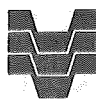
04462



012338

CLASS.	
A TOR	
TOMBO	12386 3 ^a via

8203
L614C
012386
Ex. 2



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Nivaldo José Chiossi
Diretor de Planejamento Ambiental

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459
PABX - 210-1100 - São Paulo - Brasil



CETESB

CONTROLE DA POLUI O DO AR POR CALDEIRA A ÓLEO: CONTROLE DIRETO X SUBSTITUI O POR CALDEIRA ELÉTRICA ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO

Economista Aurélio Libanori
Eng. Civil e Sanitarista Arlindo Philippi Júnior
Eng. Mecânico Rodolpho Lopes
Assistência ao PROCOP

INTRODU O

O presente estudo tem como objetivo estabelecer a alternativa técnica de menor custo, referente ao controle de poluentes atmosféricos emitidos por fontes estacionárias de combustão (caldeira), que utilizam óleos combustíveis como fonte de energia.

Os principais poluentes (em têrmos quantitativos) emitidos por este tipo de fonte são o material particulado e o dióxido de enxofre (SO_2). Tendo em vista que conforme informa es de mercado, o controle de SO_2   mais caro que o de material particulado, este trabalho será concentrado na determina o do custo do controle do material particulado, pois caso se chegue a conclusão de que a substitui o da caldeira   mais barata que o controle direto deste poluente, então isto também será verdadeiro para o controle de SO_2 .

Considerando a tecnologia atualmente disponível, bem como a Política Energética do Governo Federal, incentivando a utiliza o de fontes alternativas de energia, foram selecionadas três alternativas técnicas de controle, quais sejam:

- Alternativa A : substitui o da caldeira a óleo por caldeira elétrica
- Alternativa B : instala o de lavador venturi na caldeira a  leo
- Alternativa C : instala o de filtro de tecido na caldeira a óleo com entrada de ar falso

CRITÉRIO PARA DEFINI O DA ALTERNATIVA DE MENOR CUSTO

O critério utilizado para definir a alternativa de menor custo, será de considerar como tal a alternativa que apresentar comparativamente às demais o menor custo anual total, para este controle, considerando-se os seguintes itens de custo:

- A) Alternativa A : (custo anualizado do investimento fixo total)⁽¹⁾ + (custo anual de opera o e manuten o da caldeira elétrica)
- B) Alternativa B ou C : (custo anualizado do investimento fixo total) + (custo anual de opera o e manuten o do equipamento de controle) + (custo anual de opera o e manuten o da caldeira a  leo).

Neste trabalho foi considerado como investimento fixo total o somatório das despesas relativas a: estudo e projetos, fabrica o do equipamento (caldeira elétrica, lavador venturi, ou filtro de tecido), frete e seguro, obras civis necessárias   instala o do equipamento, instala es elétricas e hidráulicas pertinentes, rede de dutos do sistema de ventila o (caso das alternativas B e C), administra o dos serviços, outros investimentos internos a

(1) Para anualiza o do investimento fixo total, a taxa mínima de atratividade foi considerada como igual a 6% ao ano. Quanto a vida útil do equipamento, para determina o do prazo para retorno da aplica o, esta foi considerada como igual a: Alternativa A: 10 anos; Alternativa B: 05 anos; Alternativa C : 10 anos. O valor residual ao final da vida útil foi considerado para as três alternativas como igual a zero.

fábrica (cabine primária, subestação rebaixadora, etc).

INFORMAÇÕES DE CUSTO CONSIDERADAS

Alternativa A

O investimento fixo total para o caso das caldeiras elétricas, foi determinado a partir de levantamento de mercado, realizado junto aos fabricantes deste tipo de equipamento, cujos resultados, por tipo existente de caldeira elétrica, são apresentados de Quadro 1.

Quanto aos outros investimentos internos à fábrica (cabine primária, transformadores ou subestações rebaixadoras), estes foram estimados em 2.500, 5.000 e 7.500 ORTN's, para produção de 1.000, 2.000 e 3.000 Kg/vapor/hora em baixa tensão, e iguais ao investimento para aquisição da caldeira, nos casos de alta tensão. Estes valores devem ser somados aos respectivos totais apresentados no Quadro 1, obtendo-se o investimento fixo estimado para aquisição e instalação da caldeira elétrica.

QUADRO 1 - INVESTIMENTO MÉDIO PARA AQUISIÇÃO E INSTALAÇÃO DE CALDEIRAS ELÉTRICAS, SEGUNDO SEU TIPO E CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE VAPOR (VALORES EXPRESSOS EM ORTN)

Caldeira INVESTIMENTO PRODUÇÃO DE VAPOR (kg/h)	Resistiva (baixa tensão)			Eletrodo Submerso (baixa tensão)			Eletrodo submerso (alta tensão)			Eletrodo Jateado (alta tensão)		
	P/Aquisição	P/Instalaç.	Total	Para Aquisição	Para Instalação	Total	Para Aquisição	Para Instalação	Total	Para Aquisição	Para Instalação	Total
	1.000	4.296,35	966,67	5.263,02	2.084,59	469,03	2.553,62	10.422,96	3.387,46	13.810,42	-	-
2.000	6.716,79	1.504,03	8.220,82	4.044,10	909,92	4.954,02	10.839,88	3.522,96	14.362,80	5.663,25	2.123,72	7.786,97
3.000	9.867,07	2.220,09	12.087,16	-	-	-	11.673,71	3.793,95	15.467,66	8.338,37	3.126,08	11.464,45
3.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.982,88	5.241,01	15.223,89
5.000	-	-	-	-	-	-	13.341,39	4.335,95	17.667,34	-	-	-
5.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.111,48	4.541,80	16.653,28
7.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.052,38	5.644,64	20.697,02
10.000	-	-	-	-	-	-	17.927,49	5.826,43	23.753,92	18.111,21	6.791,70	24.902,91
15.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.085,05	7.531,89	27.616,94
20.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.473,72	9.552,64	35.026,36

Valor da ORTN; Cr\$ 2.398,55 (outubro/82)

Legenda



não existe equipamento para esta capacidade de produção de vapor (Informação do fabricante)



dados não obtidos

OBS: Para efeito de facilidade de apresentação este quadro mostra apenas, alguns módulos de produção de vapor.

Para o cálculo do custo anual de operação e manutenção ⁽¹⁾ da caldeira elétrica, foram consideradas as seguintes despesas: consumo de energia elétrica (calculado ao preço de Energia Garantida por Tempo Determinado), ⁽²⁾ consumo de sal, troca de resistência ou eletrodos, limpeza de caldeira, consumo de energia e manutenção da bomba d'água, mão-de-obra necessária para operação e manutenção da caldeira (informações prestadas pelos fabricantes).

(1) Sempre supondo um período de operação igual a 1920 h/ano (8 h x 20 dias x 12 meses)

(2) O custo da Energia Garantida por Tempo Determinado é de Cr\$ 4,10 por KW, para um consumo mínimo de 3.000 horas/ano ou máximo de 6.000 horas/ano, e Cr\$ 1.414 de empréstimo compulsório por KW consumido. (preços em 15.09.83)

Alternativa B e C

O investimento fixo total referente ao lavador venturi e filtro de tecido, foi determinado a partir de modelo matemático, elaborado com orçamentos existentes no arquivo da CETESB, os quais foram homogeneizados em termos de eficiência e características construtivas. Os modelos obtidos são apresentados nos Gráficos 1 e 2.

O custo anual de operação e manutenção dos equipamentos de controle propostos nas alternativas B e C, foi calculado através de modelos matemáticos elaborados pela CETESB considerando-se: consumo de energia pelo motor, pela bomba d'água, consumo de água, mão-de-obra necessária para operação do equipamento, reagentes manutenção do ventilador e motor, troca de mangas e a mão-de-obra necessária para manutenção do equipamento. Estes modelos podem ser observados nos Gráficos 3 e 4.

No cálculo do custo de operação e manutenção da caldeira a óleo foram consideradas as seguintes despesas: óleo combustível, energia elétrica, aditivos, troca de tubos e refratários, mão-de-obra necessária para operação e manutenção da caldeira.

A inclusão do custo de operação e manutenção da caldeira a óleo, na determinação do custo anual total das alternativas B e C faz-se necessária, para manter coerência de comparabilidade, com a alternativa de substituição da caldeira a óleo por caldeira elétrica.

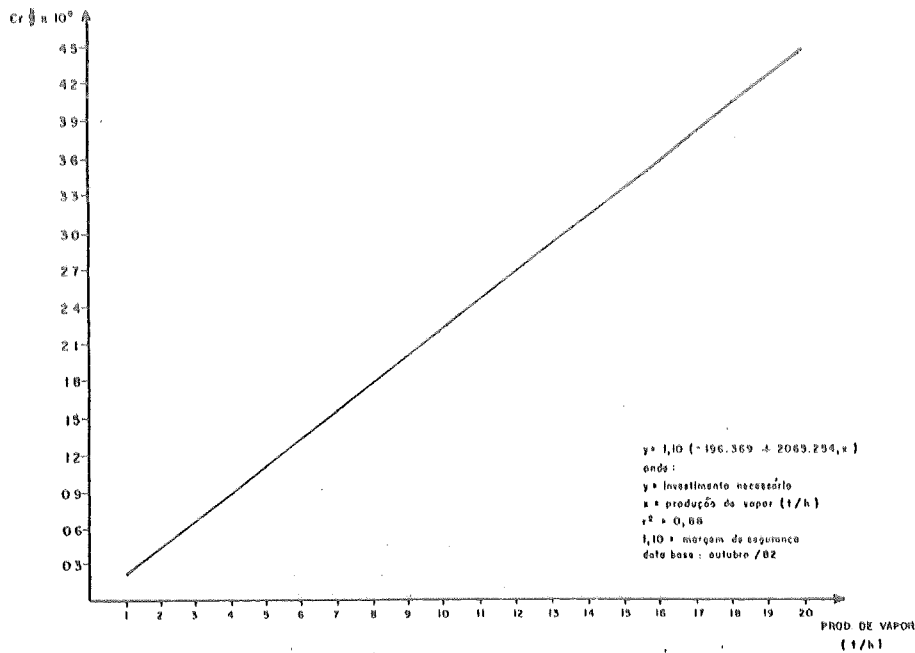


GRÁFICO 1 - Investimento necessário para aquisição e instalação de lavador venturi

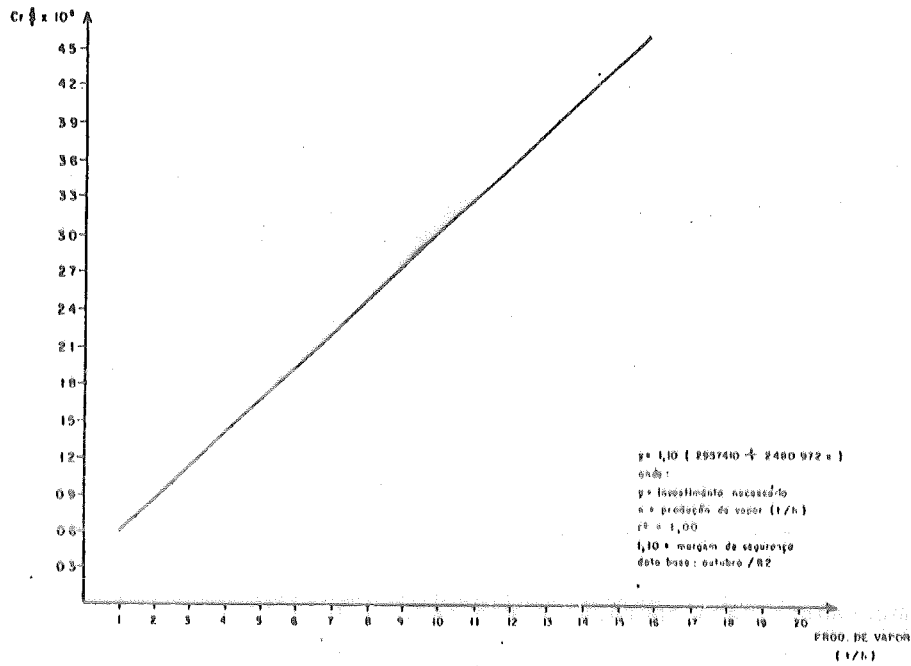


GRÁFICO 2 - Investimento necessário para aquisição e instalação de filtro de tecido

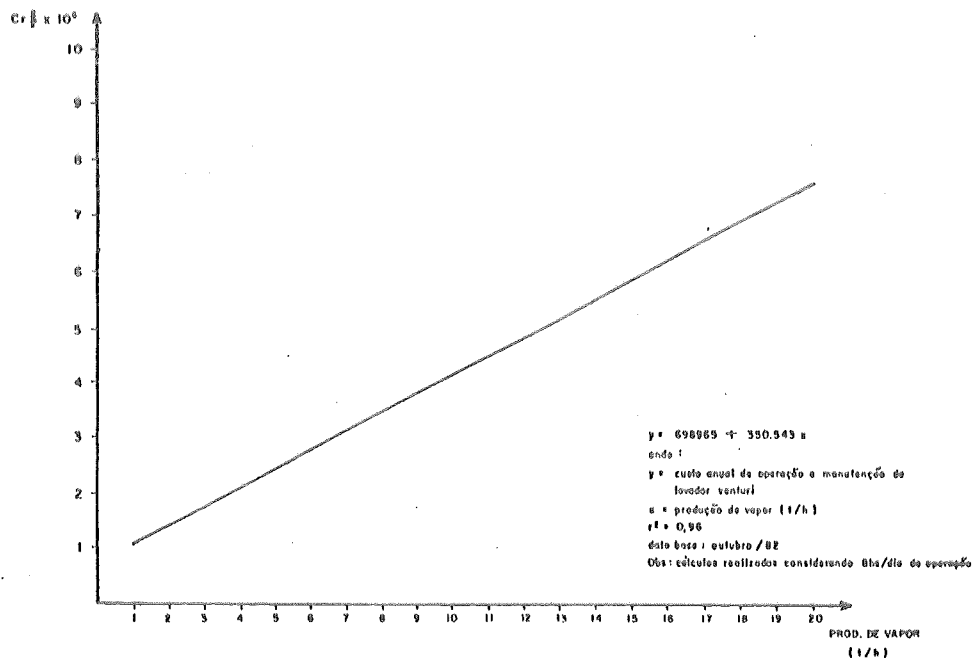


GRÁFICO 3 - Custo anual de operação e manutenção de lavador venturi

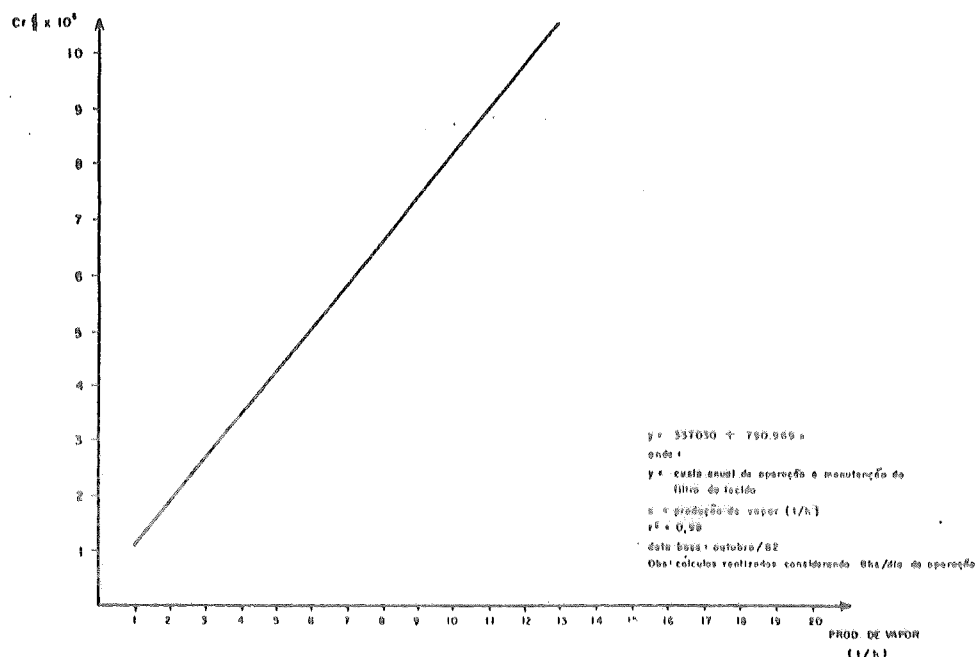


GRÁFICO 4 - Custo anual de operação e manutenção de filtros de tecido

Deve ser ressaltado que tal substituição é altamente desejável, do ponto de vista de controle de poluição do ar, uma vez que a mesma soluciona, definitivamente, não somente o controle da emissão de material particulado, mas também a emissão de outros poluentes, destacando-se entre eles, o dióxido de enxofre, para o qual a CETESB tem um programa específico de controle em desenvolvimento.

Ressalta-se ainda, que tal substituição está perfeitamente coerente com a Política Energética, fixada pelo Governo Federal.

DEFINIÇÃO DA ALTERNATIVA DE MENOR CUSTO

Apresenta-se a seguir o Quadro 2, que mostra para os diversos módulos de produção de vapor, o custo anual de cada uma das alternativas consideradas, para o controle de emissão de material particulado.

QUADRO 2 - COMPARAÇÃO DO CUSTO ANUAL PARA CONTROLE DE EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO EM CALDEIRAS A ÓLEO

TIPO DE CALDEIRA ELÉTRICA	PRODUÇÃO DE VAPOR (Kg/h)	C U S T O A N U A L (CR\$) T O T A L		
		ALTERNATIVA A (a)	ALTERNATIVA B (b)	ALTERNATIVA C (c)
CALDEIRA RESISTIVA (Baixa Tensão)	1.000	17.283.378	24.531.671	25.426.054
	2.000	32.811.520	44.757.033	46.257.261
	3.000	49.040.597	66.408.350	68.514.423
CALDEIRA DE ELETRODO SUBMERSO (Baixa Tensão)	1.000	15.378.566	24.531.671	25.426.054
	2.000	30.548.326	44.757.033	46.257.261
CALDEIRA DE ELETRODO SUBMERSO (Alta Tensão)	1.000	29.324.566	24.531.671	25.426.054
	2.000	41.635.026	44.757.033	46.257.261
	3.000	54.700.403	66.408.350	68.514.423
	5.000	80.823.639	110.805.100	114.122.863
	10.000	139.100.978	220.155.626	226.502.614
CALDEIRA DE ELETRODO JATEADO (Alta Tensão)	2.000	33.090.226	44.757.033	46.257.261
	3.000	49.364.903	66.401.350	68.514.423
	3.500	59.121.837	78.648.475	81.057.470
	5.500	85.019.773	121.740.169	125.360.085
	7.500	113.411.954	165.480.045	170.312.829
	10.000	147.830.378	220.155.626	226.502.614
	15.000	209.516.017	329.506.506	338.882.721
	20.000	277.098.156	438.857.208	451.262.646

Data base: setembro/83

(a) Alternativa A: Substituição da caldeira a óleo por caldeira elétrica

(b) Alternativa B: Instalação de Lavador Venturi na caldeira a óleo

(c) Alternativa C: Instalação de Filtro de Tecido na caldeira a óleo

Examinando-se o Quadro 2, vê-se que a alternativa que apresenta o menor custo anual total é a alternativa A, o que permite concluir, de acordo com os critérios aqui assumidos, que esta é a alternativa de menor custo para o controle de emissão de poluentes atmosféricos (material particulado e SO₂), provenientes da operação de caldeiras a óleo.

PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO EM CALDEIRA ELÉTRICA

Uma vez que a alternativa caldeira elétrica é a de menor custo, para o controle de emissão de poluentes atmosféricos (dentro dos critérios assumidos), esta última parte do trabalho mostra o prazo de retorno deste investimento.

Este prazo foi determinado, através da seguinte fórmula:

$$PR = \frac{A}{B - C}$$

onde:

PR = prazo de retorno do investimento

A = volume de investimento total (capital fixo) necessário para: aquisição, instalação, outros investimentos internos à fábrica relativos a caldeira elétrica.

B = custo anual total de um sistema para geração de vapor, composto por caldeira a óleo (foi suposto que a caldeira a óleo está amortizada) e equipamento de controle de emissão de material particulado (lavador venturi)

C = custo anual total de uma caldeira elétrica (custo do capital + custo anual de operação e manutenção)

QUADRO 3 - PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO EM CALDEIRA ELÉTRICA

TIPO DE CALDEIRA	PRODUÇÃO DE VAPOR (kg/h)	PRAZO DE RETORNO (anos)
CALDEIRA RESISTIVA	1.000	5 1/2
	2.000	6
	3.000	6
CALDEIRA DE ELETRODO SUBMERSO (Baixa Tensão)	1.000	3
	2.000	3 1/2
CALDEIRA DE ELETRODO SUBMERSO (Alta Tensão)	3.000	13
	5.000	5 1/2
	10.000	2 1/2
CALDEIRA DE ELETRODO JATEADO (Alta Tensão)	2.000	6
	3.000	6
	3.500	7
	5.500	4
	7.500	3 1/2
	10.000	3
	15.000	2
20.000	2	

CONCLUSÃO

Considerando que:

- a alternativa de substituição da caldeira a óleo, por caldeira elétrica, é aquela que apresenta o menor custo anual total, para o controle das emissões de poluentes atmosféricos (material particulado e SO₂)

- o prazo de retorno do investimento neste tipo de equipamento (caldeira elétrica) é bastante razoável;

pode-se concluir que esta substituição deve ser considerada pelas empresas não só do ponto de vista de controle de poluição, mas também levando-se em conta o interesse financeiro destas empresas.

BIBLIOGRAFIA

CETESB - *Estudo de Viabilidade para Utilização de Caldeiras Elétricas na Região da Grande São Paulo*. São Paulo, CETESB, 1980. 43 p.

CETESB - *Levantamento Sobre Caldeiras Elétricas*. São Paulo, CETESB, 1983. 20 p.

HOEL, P.G. *Estatística Elementar*, 5.^a Ed., Rio de Janeiro, Fundo Cultura S.A, 1972. 311 p.

NEVES, C. das, *Análises de Investimentos - Projetos Industriais e Engenharia Economica*. Rio de Janeiro, Zahar, 1982. 223 p.

WONNACOTT, R.J. e WONNACOTT, T.H. *Econometria*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1976. 424 p.

Data aquis. :
Data tomba: 24/11/93



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - CEP 05459
PABX : 210-1100 - São Paulo - Brasil
