

Desinfecção de esgotos sanitários com utilização de radiação ultravioleta

Américo de Oliveira Sampalo⁽¹⁾

José Roberto Campos⁽²⁾

RESUMO

Este trabalho relata os resultados obtidos através da operação de uma instalação-piloto para desinfecção de águas residuárias empregando radiação ultravioleta.

Foram realizados testes variando-se a lâmina líquida (2; 4; 6 e 8 cm), o tempo de exposição (20; 40; 80 e 120 s) e a quantidade de energia aplicada (uma; duas e três lâmpadas de 30 W).

São discutidos os resultados obtidos, principalmente no que se refere à relação entre a eficiência na remoção de coliformes totais em função do consumo de energia elétrica, em termos de W.h por metro cúbico tratado de águas residuárias.

1. INTRODUÇÃO

A desinfecção é, sem dúvida, uma das etapas mais importantes do tratamento de águas residuárias. Sua principal finalidade é promover redução substancial do número de microrganismos patogênicos, possibilitando, dessa forma, que a água do corpo receptor possa ser utilizada para diversos fins, destacando-se o abastecimento público, irrigação, pesca, cultura de moluscos e dessedentação de animais.

Pelo fato de apresentar custo relativamente reduzido e razoável eficiência germicida, a cloração, há muito, constituiu-se o método de desinfecção mais amplamente utilizado, em praticamente todas as partes do mundo. Nos últimos anos, porém, uma série de críticas vem sendo formulada com relação aos perigos do emprego do cloro como agente desinfectante de esgotos sanitários. O residual de cloro ativo que persiste na água, frequentemente apontado como uma das principais vantagens apresentadas por essa técnica de desinfecção em água de abastecimento, passa a ser encarado, no

caso de águas residuárias, como um fator altamente negativo, uma vez que é extremamente tóxico para uma grande variedade de organismos aquáticos (1, 2, 3). Tem sido verificado, também, que a cloração de materiais orgânicos presentes na água pode produzir hidrocarbonetos clorados com propriedades carcinogênicas (4, 5, 6, 7).

Essas considerações demonstram a necessidade de serem realizados estudos visando maior aprimoramento de técnicas alternativas de desinfecção.

A radiação ultravioleta (e também o ozônio) é, dentre os agentes alternativos um dos que reúnem maiores condições que justificam sua utilização como substituto do cloro no tratamento de águas residuárias.

O desenvolvimento de lâmpadas germicidas mais eficientes e de menor custo, bem como a verificação da inconsistência da crença de que esse tipo de radiação não pode ser empregado como agente desinfectante de líquidos que apresentam elevada absorção, tornam aceitável a idéia de serem realizadas pesquisas visando à sua utilização em águas residuárias. Não se pode negar, no entanto, que uma das principais dificuldades práticas relaciona-se ao poder de penetração da luz ultravioleta nos efluentes de esgotos sanitários. Dentro de certos limites, esse problema pode ser superado, reduzindo-se a profundidade da lâmina líquida e/ou aumentando a intensidade da fonte de radiação.

Além de seu grande poder germicida, inclusive em relação a vírus, a radiação UV apresenta, como vantagem adicional, a não utilização de produtos químicos que possam provocar eventuais prejuízos à saúde pública ou ao meio ambiente receptor. Também é fato comprovado que seus efeitos sobre as substâncias químicas presentes nos efluentes de esgoto são insignificantes, não acarretando a formação de outras substâncias através de reações fotoquímicas.

O emprego de radiação UV no tratamento de esgotos sanitários foi pesquisado por diversos autores, em escala de laboratório, piloto e de projeto (8, 9, 10, 11, 13), onde se demonstrou a sua viabilidade, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, localizado junto à represa do Lobo, próximo à cidade de São Carlos (SP). O Centro conta com excelente infra-estrutura de laboratórios, possibilitando que as amostras coletadas fossem analisadas rapidamente e com tempo e percurso de transporte, mínimos, fatos esses particularmente importantes na realização de exames bacteriológicos.

A instalação-piloto, utilizada para a realização dos testes, é composta, basicamente, por conjunto motor-bomba e tubulações de sucção e recalque, câmara de dissipação de energia, refletores e lâmpadas ultravioletas, quadro elétrico para acionamento das lâmpadas e sistema de medição de vazão (ver esquema na figura 1). A câmara de desinfecção, constituída por canal retangular de comprimento, largura e altura correspondentes a 93; 49 e 40 cm, respectivamente, é coberta com refletores de alumínio polido e conta com dispositivos capazes de permitir a variação do número de lâmpadas, tempo de exposição, profundidade da lâmina líquida e distância entre as lâmpadas e a superfície da água. Para cada lâmina líquida (2, 4, 6 ou 8 cm), tempo de exposição (20, 40, 80 ou 160 s) e número de lâmpadas (um, dois ou três unidades), foram coletadas amostras na entrada (coleta 1) e saída (coleta 2) da instalação, obtendo-se, assim, dados referentes à eficiência de remoção de coliformes e consumo de energia elétrica correspondente.

A coleta das amostras do afluente e efluente era realizada simultaneamente, após decorrido período de funcionamento da instalação igual a aproximadamente três vezes o tempo teórico de detenção, permitindo assim que o processo de desinfecção entrasse em regime de equilíbrio.

Considerando a natureza dos exames para determinação do número de coliformes, bem como a variação das características do resíduo com o tempo, as amostras (do afluente e do

(1) Aluno de pós-graduação da área de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP (Bolsista do CNPq).

(2) Professor da Escola de Engenharia de São Carlos - USP - Departamento de Hidráulica e Saneamento - Brasil.

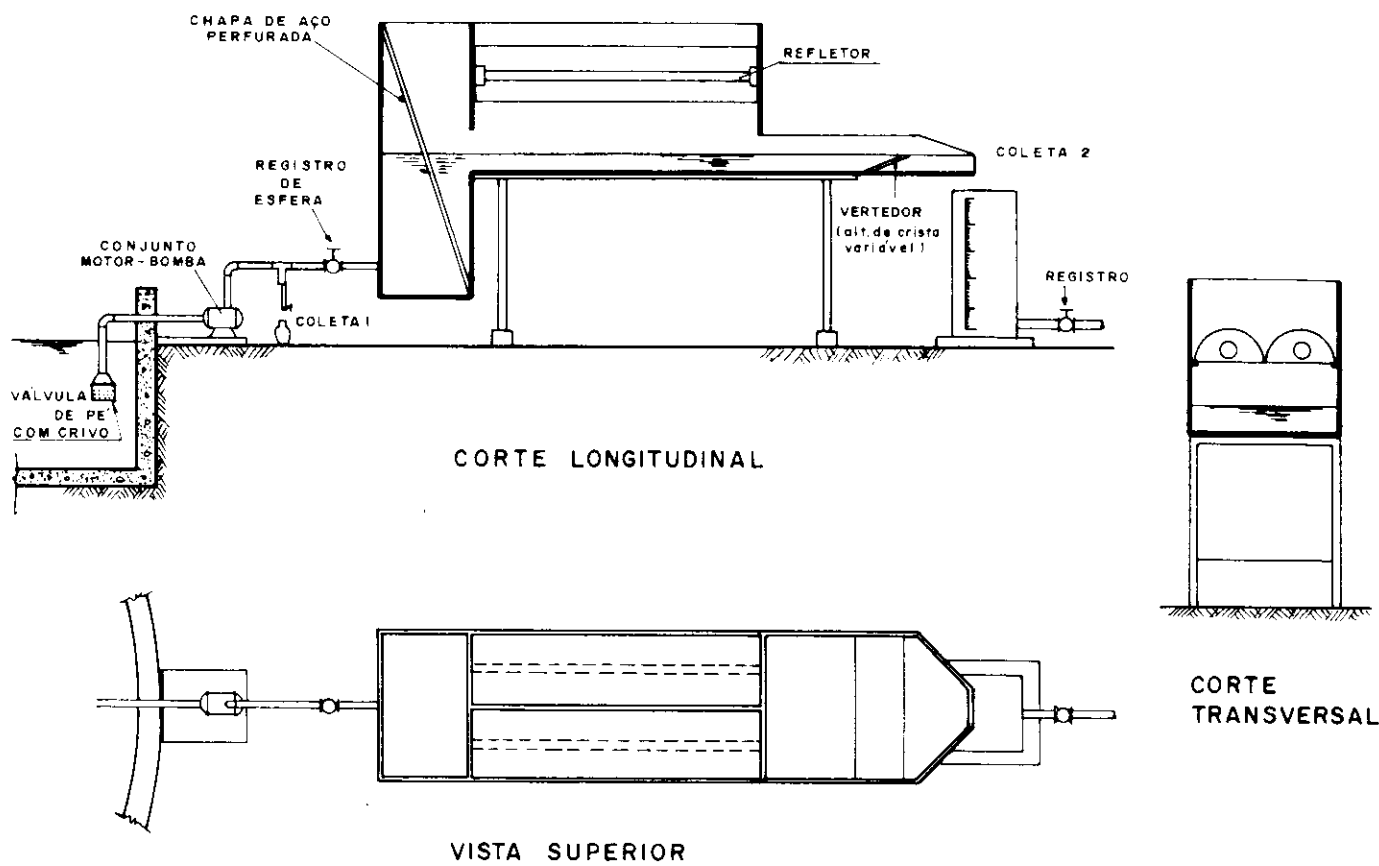


Figura 1 — Esquema da instalação-piloto

efluente) foram coletadas de forma contínua, em períodos de tempo iguais à duração de cada teste, obtendo-se, assim, amostras homogêneas e mais representativas.

O resíduo empregado na realização do experimento foi preparado mediante adição de fezes de suínos em água proveniente da represa, seguida por período de decantação de uma hora.

Utilizou-se, para isso, um tanque circular de concreto com diâmetro igual a 3 m e volume igual a 5 mil l. Uma vez que a absorção do fluido é, sem dúvida, o fator mais importante a ser considerado no projeto de uma instalação de desinfecção que empregue radiação ultravioleta e, com o intuito de estabelecer certa equivalência entre esgotos sanitários e o resíduo utilizado no experimento em questão, foram realizados testes visando ao conhecimento da quantidade de fezes necessária a ser adicionada à água da represa, de modo que a suspensão resultante apresentasse coeficiente de extinção da ordem de $0,4 \text{ cm}^{-1}$ (típicos de efluentes secundários).

Em cada teste, determinou-se o coeficiente de extinção do resíduo e a temperatura ambiente, uma vez que esses parâmetros exercem influência significativa na eficiência das instalações de desinfecção UV.

Utilizou-se, para a determinação do número de coliformes totais, a técnica

dos tubos múltiplos, segundo o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 14.^a edição (12).

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos ensaios realizados referentes à inativação de coliformes totais são apresentados nas tabelas 1 a 4.

O cômputo de energia elétrica requerida em cada teste foi calculado, considerando, segundo informações obtidas na literatura (14), que o circuito responsável pelo acionamento e funcionamento de uma lâmpada de 30 W de potência nominal consome aproximadamente 41 W.

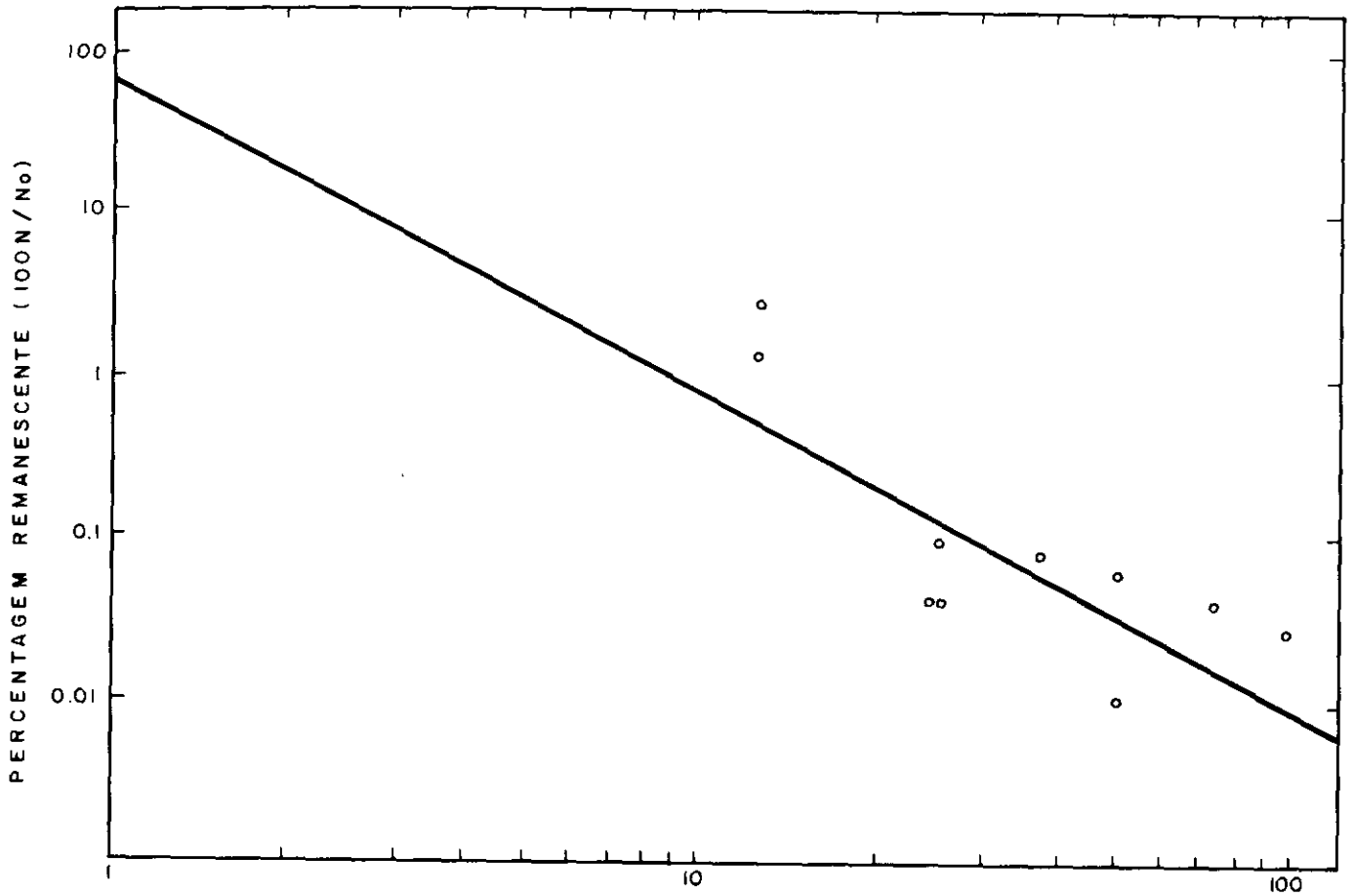
Durante o período em que se desenvolveram os ensaios, a temperatura ambiente oscilou entre 10 e 30°C, enquanto a absorvância a 2.537Å ficou na faixa de 0,29 a 0,20. Ainda com relação às características de absorção de radiação UV do resíduo, deve-se acrescentar que, embora este tenha sido preparado de modo a apresentar coeficiente de extinção da ordem de $0,4 \text{ cm}^{-1}$ (típico de efluente secundário), o monitoramento realizado durante o experimento revelou que a média desse parâmetro foi de $0,56 \text{ cm}^{-1}$, ou seja, 28% superior ao valor esperado. A razão desta discrepância deve-se,

provavelmente, à variação das características da água da represa e das fezes de suíno utilizadas.

A análise das amostras do afluente indica que a média da densidade de coliformes totais foi de 320 mil por 100 ml, média esta bastante próxima da apresentada por efluentes secundários reais. Observa-se também, que, em todos os ensaios realizados, o número de coliformes totais na entrada da instalação esteve sempre dentro do intervalo testado por Huff (14), quando se constatou ter esse parâmetro pouca ou nenhuma influência sobre a eficiência de desinfecção UV.

As figuras 2, 3 e 4 mostram a relação entre a percentagem de coliformes totais remanescentes (100 N/N.) e o consumo de energia elétrica (C) correspondente a cada teste para profundidade de lâmina líquida de 3, 6 e 8 cm, respectivamente.

Na realidade, na figura 2, foram incorporados os dados obtidos nos testes com lâmina líquida de 2 e de 4 cm tendo em vista que os resultados dos mesmos resultaram muito próximos entre si e que um número significativo dos testes ofereceu remoção de coliformes de 100%. Esse fato acarretou dificuldade para análise confiável desses dados separadamente para cada lâmina, pois poucas eram as informações relativas a valores de remoção menores do que 100%.



CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (wh/m^3)

Figura 2 — Percentagem remanescente x consumo de energia elétrica para profundidade de lâmina líquida igual a 3 cm

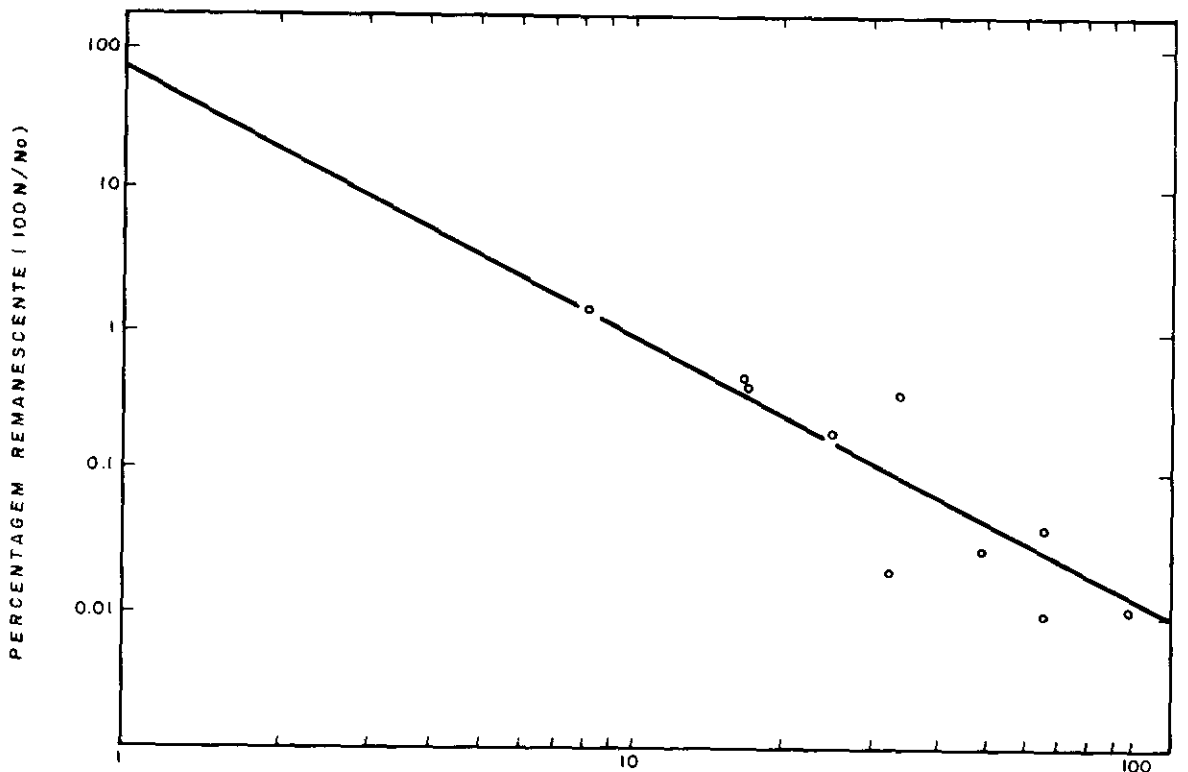


Figura 3 —
Percentagem
remanescente x
consumo de
energia elétrica
para
profundidade de
lâmina líquida
igual a 6 cm

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (wh/m^3)

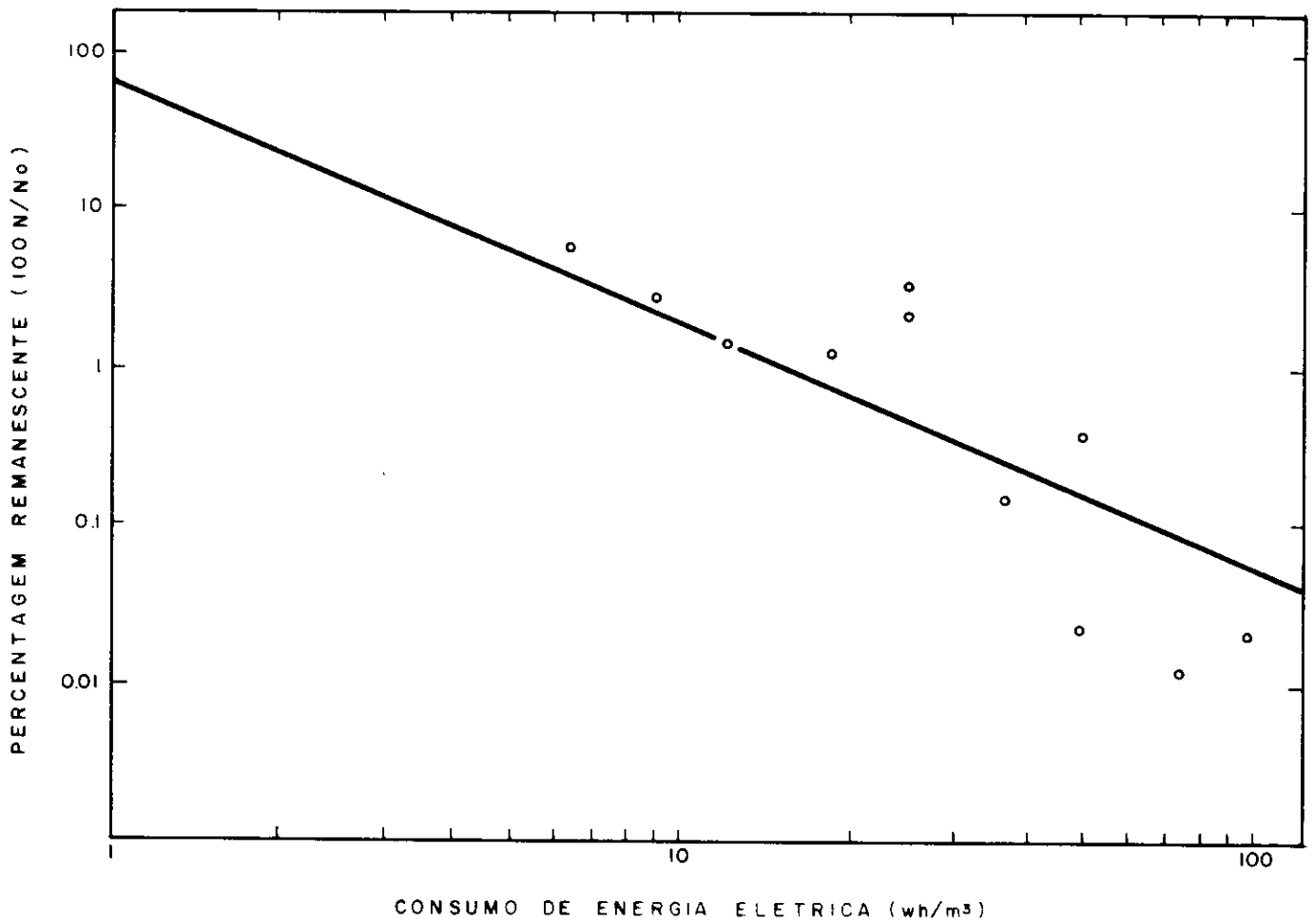


Figura 4 — Porcentagem remanescente x consumo de energia elétrica para profundidade de lâmina líquida igual a 8 cm

Assim sendo, optou-se por efetuar o estudo dos dados disponíveis, adotando-se como aproximação uma lâmina hipotética relativa à média das referidas lâminas, ou seja 3 cm.

O erro cometido com essa suposição seguramente será menor que aquele resultante da análise de um número muito pequeno de partes associadas aos dois testes separadamente.

Pela regressão linear desses dados obtêm-se as seguintes equações:

● profundidade de lâmina líquida = 3 cm

$$\log 100 N/N_0 = 1,89 - 1,99 \log C \quad (1)$$

● profundidade de lâmina líquida = 6 cm

$$\log 100 N/N_0 = 1,91 - 1,91 \log C \quad (2)$$

● profundidade de lâmina líquida = 8 cm

$$\log 100 N/N_0 = 1,96 - 1,62 \log C \quad (3)$$

Essas equações são válidas para valores de C inferiores a 100 Wh/m³.

Através das equações 1, 2 e 3 verifica-se que, para se obter eficiência de

remoção de coliformes totais de 99,99%, o consumo de energia elétrica para profundidade de lâmina líquida de 3, 6 e 8 cm será, respectivamente da ordem de 28,33; 33,39 e 67,17 Wh/m³. Observa-se, portanto, que profundidades maiores que 6 cm requerem, para uma determinada eficiência de remoção, consumo de energia elétrica bastante superior. Tal fato pode ser explicado considerando que, para o coeficiente de extinção do resíduo utilizado no experimento (0,56 cm⁻¹), praticamente a totalidade da radiação UV é absorvida nos seis primeiros centímetros de profundidade.

Segundo alguns autores a avaliação do custo de desinfecção pode ser feita através do cômputo de energia requerida para tratar um determinado volume de efluente. A energia necessária para a produção e aplicação de 1 kg de cloro e ozônio é, respectivamente, 2,8 e 11,0 kWh (8). Se for assumido que a dosagem necessária de ambos os agentes químicos é de 7 mg/l, então a potência requerida por metro cúbico de esgoto tratado será de 0,020 kWh para o cloro e de 0,077 kWh para o ozônio. O sistema de desinfecção UV utilizado no presente trabalho apresentou demanda de potência de

aproximadamente 0,028 a 0,033 kWh/m³, sugerindo que o emprego dessa técnica tem custo pouco maior que a cloração e bem inferior (metade da ozonização). O consumo de energia correspondente ao uso de radiação ultravioleta para desinfecção de esgotos obtido no presente trabalho foi inferior àqueles constatados por alguns dos trabalhos consultados, existindo outros que afirmam que o consumo de energia para o emprego da radiação ultravioleta é comparável com o da aplicação de ozônio. É importante ressaltar, porém, que o processo de desinfecção representa apenas cerca de 5% do custo total do tratamento de esgotos sanitários. Sendo assim, a diferença de custo entre a desinfecção com cloro e com radiação ultravioleta pode ser relegada a um segundo plano, quando são considerados outros fatores relativos à saúde pública e à proteção ambiental.

Em termos práticos não podem ser efetuadas considerações simplistas sobre o problema, tal como apresentado nas figuras anteriores, pois as mesmas apenas representam a tendência de variação da eficiência em função do consumo de energia. Porém, deve ser lembrado que o consumo de energia para se obter uma determinada eficiên-

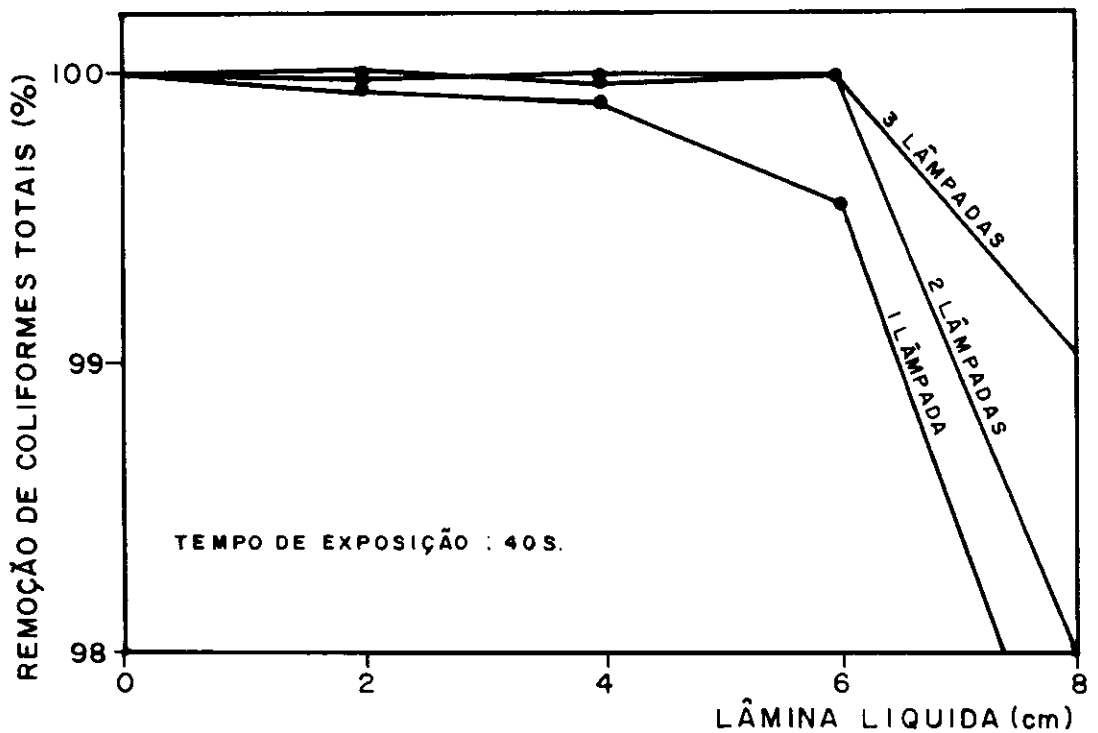
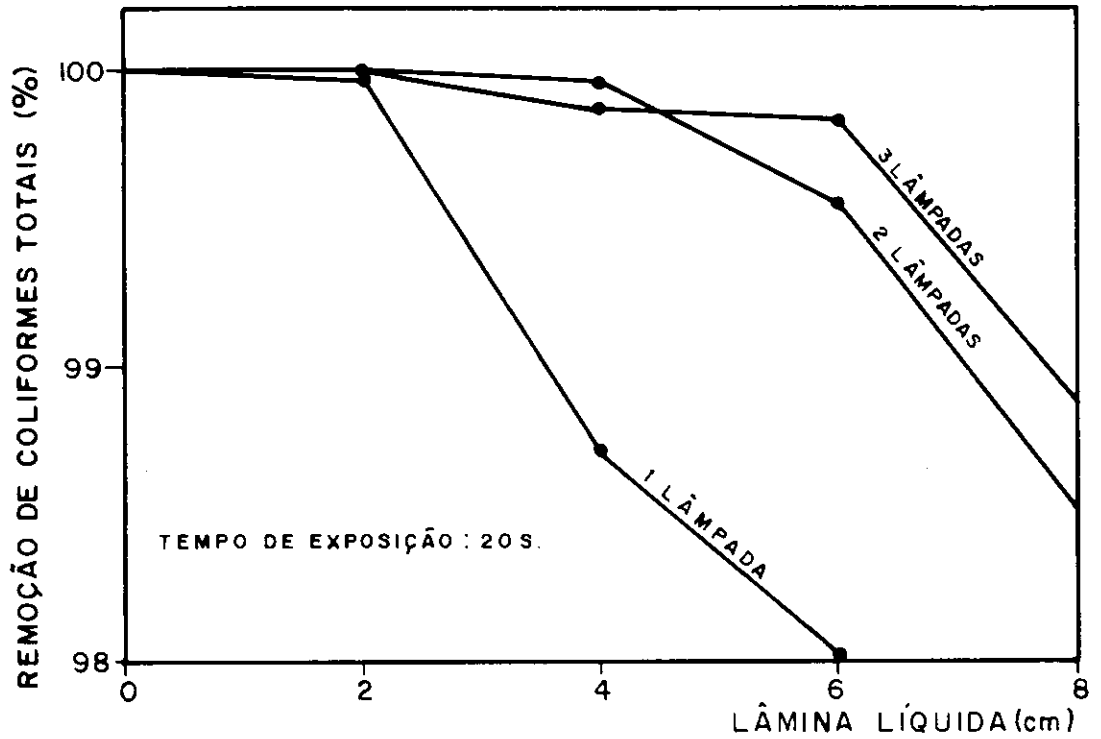


Figura 5 — Variação da remoção de coliformes totais em função da lâmina líquida e do número de lâmpadas para tempos de exposição de 20 e 40 s

cia é função, basicamente, da energia despendida nas lâmpadas e no circuito elétrico, da lâmina líquida, do tempo de exposição, da forma e do tipo de revestimento da unidade de tratamento e dos refletores, turbulência do líquido e temperatura.

Para melhor ilustrar uma forma mais

objetiva de escolha de alternativas para um projeto real, são apresentadas as figuras 5 e 6, que permitem visualização mais evidente da variação da eficiência na remoção de coliformes totais, em função da lâmina líquida, do tempo de exposição e do número de lâmpadas (energia) empregado.

Na análise dos dados apresentados nas referidas figuras deve ser levado em consideração que estudos estatísticos relacionados com a metodologia de coleta de amostras e exames bacteriológicos para a pesquisa em questão, levaram à determinação de um coeficiente de variação igual a 0,026%;

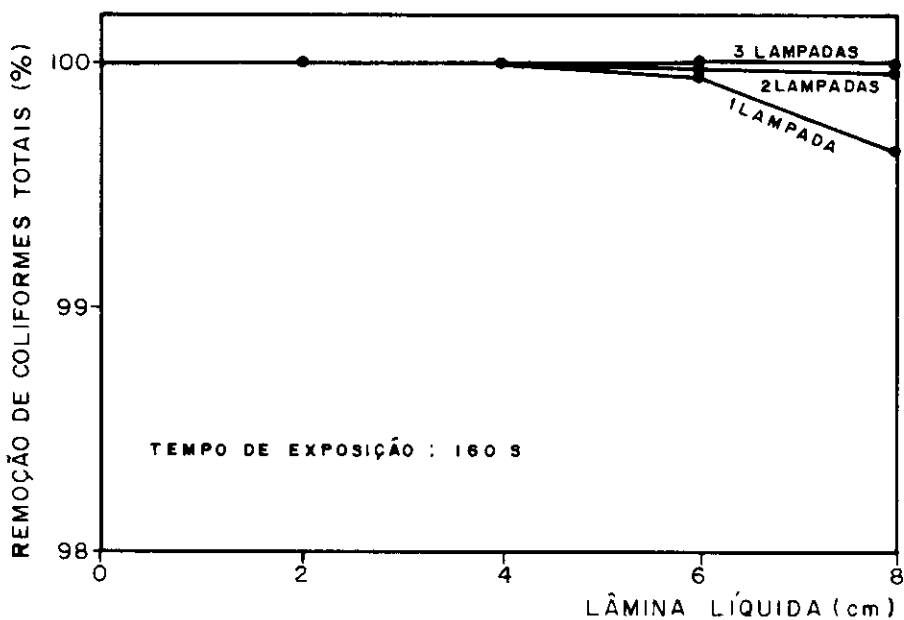
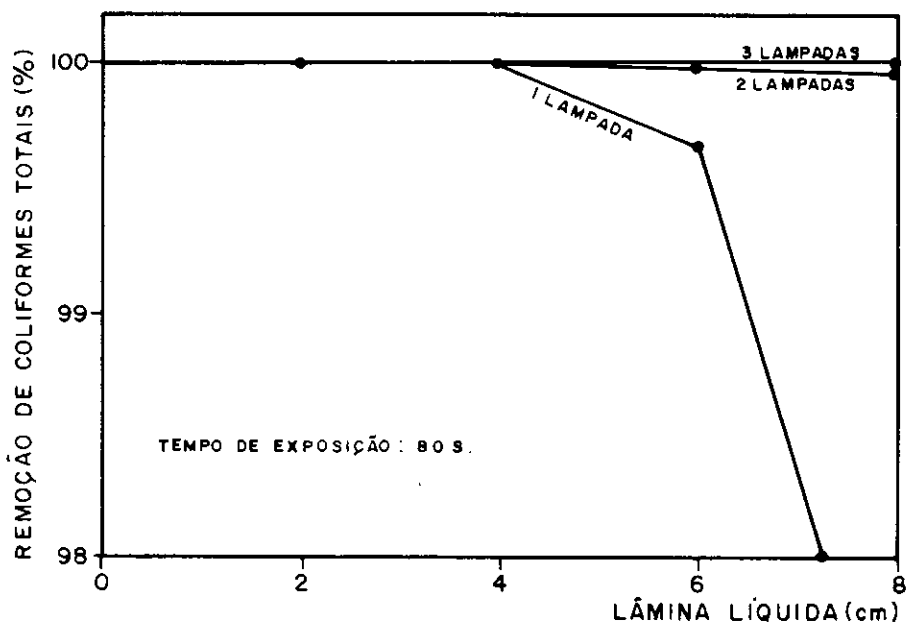


Figura 6 — Variação da remoção de coliformes totais em função da lâmina líquida e do número de lâmpadas para tempos de exposição de 80 e 160 s

assim sendo deve ser ponderada a possibilidade de ocorrência de erro da ordem de 0,03%.

Note-se que para os tempos de exposição testados, sempre houve aumento sensível da eficiência quando foram utilizadas duas lâmpadas em relação à eficiência verificada quando foi utilizada apenas uma lâmpada, ou seja, quando a quantidade de energia despendida foi dobrada. Porém, não foram alcançados novos aumentos significativos quando foi aplicada energia adicional, como ocorreu nos testes com três lâmpadas.

Em síntese, os resultados dos testes com duas e com três lâmpadas foram

razoavelmente próximos, chegando a quase coincidirem para os tempos de exposição maiores.

Além desse fato deve ser observado que para se obter uma dada eficiência na remoção de coliformes totais, existem muitas alternativas que satisfazem essa imposição, em termos de combinações de diferentes lâminas líquidas, tempos de exposição e número de lâmpadas. Essa observação também pode ser constatada através dos dados apresentados nas tabelas 1 a 4, nas quais também são explicitados os valores de consumo de energia por metro cúbico de água residuária desinfetada.

Esse fato destaca a importância capital que tem a operação de uma instalação-piloto para a obtenção de valores a serem assumidos para as variáveis envolvidas no processo pois a adoção de lâminas ou tempos de exposição, apenas com base em experiência relativa a unidades e despejos distintos certamente levará o sistema projetado a funcionar fora das condições ótimas em termos de consumo de energia.

Os resultados dessa pesquisa endossam a opinião expressa em outros trabalhos que demonstram ser viável a desinfecção de esgotos através do emprego de radiação ultravioleta.

Os reatores para a exposição à radiação ultravioleta podem ser simples unidades em forma de canais com pequena lâmina líquida, cobertas com superfícies pintadas (ou revestidas) à base de alumínio. Se possível, as próprias paredes do canal devem receber o mesmo tratamento.

As lâmpadas devem ser fixadas de forma a possibilitar fácil remoção e troca quando se fizer necessário, porém de forma alguma deverá ser permitida a exposição de operadores à radiação ultravioleta tendo em vista graves danos que podem ser provocados aos mesmos.

Como é possível obter elevada eficiência com tempos de exposição da ordem de segundos, existem propostas de se utilizar as próprias canaletas de coleta de água decantada, ou canaletas que apresentam escoamento com pequena profundidade, como unidades destinadas à desinfecção com radiação ultravioleta.

Não deve ser esquecido que eventuais partículas ou películas depositadas na superfície do invólucro das lâmpadas podem provocar grandes reduções na eficiência da desinfecção, portanto, devem ser evitados sistemas que facilitem essa deposição ou que não ofereçam condições simples para limpeza das fontes de emissão.

5. CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa demonstram que a utilização de radiação ultravioleta apresenta viabilidade técnica para ser considerada como alternativa viável para desinfecção de esgotos sanitários. Os gastos para desinfecção com esse agente físico, em termos de energia despendida por metro cúbico tratado, resultaram cerca de 50% superiores àqueles relativos ao uso do cloro, porém inferiores aos da utilização de ozônio.

Tabela 1 — Testes de remoção de coliformes totais para tempo de exposição de 20 s (15)

TESTE	NÚMERO DE LÂMPADAS	PROFUNDIDADE DA LÂMINA LÍQUIDA (cm)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO (s)	VAZÃO (l/s)	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (Wh/m ³)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS AFLUENTE (col.fec./100 ml)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS EFLUENTE (col.fec./100 ml)	EFICIÊNCIA DE INATIVAÇÃO (%)
1.1	1	2	20	0,46	25,00	630.000	230	99,96
2.1	2	2	20	0,46	49,98	130.000	< 20	100,00
3.1	3	2	20	0,46	74,98	940.000	< 20	100,00
1.2	1	4	20	0,91	12,49	130.000	1700	98,69
2.2	2	4	20	0,91	25,00	230.000	80	99,96
3.2	3	4	20	0,91	37,50	170.000	230	99,96
1.3	1	6	20	1,37	8,34	17.000	330	98,06
2.3	2	6	20	1,37	16,66	49.000	170	99,53
3.3	3	6	20	1,37	25,00	79.000	140	99,82
1.4	1	8	20	1,82	6,25	350.000	16000	95,46
2.4	2	8	20	1,82	12,49	350.000	5400	98,46
3.4	3	8	20	1,82	18,75	540.000	7000	98,70

Tabela 2 — Testes de remoção de coliformes para tempo de exposição de 40 s (15)

TESTE	NÚMERO DE LÂMPADAS	PROFUNDIDADE DA LÂMINA LÍQUIDA (cm)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO (s)	VAZÃO (l/s)	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (Wh/m ³)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS AFLUENTE (col.fec./100 ml)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS EFLUENTE (col.fec./100 ml)	EFICIÊNCIA DE INATIVAÇÃO (%)
1.5	1	2	40	0,23	49,98	240.000	140	99,94
2.5	2	2	40	0,23	99,97	79.000	20	99,97
3.5	3	2	40	0,23	149,95	79.000	20	100,00
1.6	1	4	40	0,46	25,00	330.000	340	99,90
2.6	2	4	40	0,46	49,98	790.000	20	99,99
3.6	3	4	40	0,46	74,98	130.000	50	99,96
1.7	1	6	40	0,68	16,66	540.000	2400	99,55
2.7	2	6	40	0,68	33,32	1.600.000	330	99,98
3.7	3	6	40	0,68	49,98	540.000	170	99,97
1.8	1	8	40	0,91	12,49	170.000	4900	99,12
2.8	2	8	40	0,91	25,00	170.000	3500	97,94
3.8	3	8	40	0,91	37,50	350.000	3300	99,06

Tabela 3 — Testes de remoção de coliformes totais para tempo de exposição de 80 s (15)

TESTE	NÚMERO DE LÂMPADAS	PROFUNDIDADE DA LÂMINA LÍQUIDA (cm)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO (s)	VAZÃO (l/s)	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (Wh/m ³)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS AFLUENTE (col.fec./100 ml)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS EFLUENTE (col.fec./100 ml)	EFICIÊNCIA DE INATIVAÇÃO (%)
1.9	1	2	80	0,11	99,97	930.000	< 20	100,00
2.9	2	2	80	0,11	199,94	350.000	< 20	100,00
3.9	3	2	80	0,11	299,49	240.000	< 20	99,99
1.10	1	4	80	0,23	49,94	79.000	< 20	100,00
2.10	2	4	80	0,23	99,97	79.000	< 20	100,00
3.10	3	4	80	0,23	149,95	350.000	< 20	100,00
1.11	1	6	80	0,34	33,32	130.000	490	99,62
2.11	2	6	80	0,34	66,64	240.000	20	99,99
3.11	3	6	80	0,34	99,97	130.000	20	100,00
1.12	1	8	80	0,46	25,00	240.000	7900	96,71
2.12	2	8	80	0,46	49,48	920.000	140	99,98
3.12	3	8	80	0,46	74,98	540.000	50	99,99

Tabela 4 — Testes de remoção de coliformes totais para tempo de exposição de 160 s (15)

TESTE	NÚMERO DE LÂMPADAS	PROFUNDIDADE DA LÂMINA LÍQUIDA (cm)	TEMPO DE EXPOSIÇÃO (s)	VAZÃO (l/s)	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (Wh/m ³)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS AFLUENTE (col.fec./100 ml)	DENSIDADE DE COLIFORMES FECALIS EFLUENTE (col.fec./100 ml)	EFICIÊNCIA DE INATIVAÇÃO (%)
1.13	1	2	160	0,06	199,94	110.000	< 20	100,00
2.13	2	2	160	0,06	399,87	130.000	< 20	100,00
3.13	3	2	160	0,06	599,82	79.000	< 20	100,00
1.14	1	4	160	0,11	99,97	240.000	< 20	100,00
2.14	2	4	160	0,11	199,94	33.000	< 20	100,00
3.14	3	4	160	0,11	299,49	49.000	< 20	100,00
1.15	1	6	160	0,17	66,64	350.000	130	99,96
2.15	2	6	160	0,17	133,29	350.000	20	99,99
3.15	3	6	160	0,17	199,92	540.000	< 20	100,00
1.16	1	8	160	0,23	49,98	46.000	170	99,63
2.16	2	8	160	0,23	99,96	920.000	110	99,98
3.16	3	8	160	0,23	149,95	350.000	20	99,99

Os dados obtidos evidenciam a necessidade de que antes da elaboração de qualquer projeto para desinfecção com radiação ultravioleta há necessidade de se efetuar a operação de instalação-piloto que apresente flexibilidade suficiente para abranger grande variação dos principais parâmetros envolvidos (lâmina, tipo de exposição e energia) no processo. Pois, caso essa fase seja omitida certamente o sistema projetado será operado fora das suas condições ótimas em termos de utilização adequada de energia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Collins, H. F. & Desner, D. C. Sewage chlorination versus toxicity — a dilemma? *Journal Environ. Eng. Division, ASCE*, 99 (6): 761-772, Dec., 1973.
- Brungs, W. A. Effects of residual chlorine on aquatic life. *Journal Water Pollution Control Federation*, 45 (10): 2180-2189, Oct., 1973.
- Environmental Protection Agency. Disinfection of wastewater. Task Force Report MCD-21, EPA-430/9-75-012, March, 1976.
- Pendygraft, G. W. et al. Organics in drinking water: a health perspective. *Journal American Water Works Association*, 77(3): 118-126, March, 1979.
- Symons, G. E. & Henderson, K. W. Desinfection — where are we? *Journal American Water Works Association*, 69(3): 148-154, March, 1977.
- Winkeehaus, C. — Chlorination: assessing its impact. *Journal Water Pollution Control Federation*, 49(3): 2354-2357, Dec. 1977.
- Tuthill, R. N. & Moore, G. S. — Drinking water chlorination: a practice unrelated to cancer mortality. *Journal American Water Works Association*, 72(10): 570-573, Oct., 1980.
- Severin, B. F. — Desinfection of municipal wastewater effluents with ultraviolet light. *Journal Water Pollution Control Federation*, 5(7): 2007-2018, July, 1980.
- Oliver, B. G. & Gosgrove, E. G. — The disinfection of sewage treatment plant effluents using ultraviolet light. *The Canadian Journal Chemical Engineering*, 53, 170-174, April, 1975.
- Oliver, B. G. & Carey, J. H. — Ultraviolet disinfection: an alternative to chlorination. *Journal Water Pollution Control Federation*, 48(11): 2619-2624, Nov. 1976.
- Campos, J. R. e Pizzirani, J. A. — Desinfecção com radiação ultravioleta. 9.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Belo Horizonte, 1977, 19 p.
- American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Ed. 14.ª New York City.
- Baer, G. — Ultraviolet treatment of secondary effluents: an interim report. *Public Works*, 110 (2): 59-61, Feb., 1979.
- Huff, C. F. et al. — Study of ultraviolet disinfection of water and factors in treatment efficiency. *Public Health Report*, 80(8): 695-705, August, 1965.
- Sampaio, A. O. — Emprego de radiação ultravioleta na desinfecção de esgotos sanitários. Dissertação de mestrado a ser apresentada à Universidade de São Paulo — USP — Escola de Engenharia de São Carlos, em outubro de 1984.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração da Fapesp-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio concedido para a construção e operação da instalação-piloto e ao prof. Dr. Jurandy Povinelli (Escola de Engenharia de São Carlos - USP) pelo apoio oferecido na viabilização da montagem da unidade estudada.

Os autores agradecem também ao prof. Cesar A. Pompeo (EESC-USP), pela colaboração na análise estatística dos dados levantados.