

ESTUDO DA DESINFECÇÃO COM CLORO GÁS E RADIAÇÃO UV DE EFLUENTES NITRIFICADOS E NÃO NITRIFICADOS DE SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS. PRODUÇÃO DE TRIHALOMETANOS

Fernando Lourenço de Oliveira ⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico pela Escola de Engenharia Industrial de São Jose dos Campos (1982). Engenheiro Sanitarista pela FHSP/USP (1992). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola Politécnica de São Paulo (POLI/USP- 2005).

Pedro Alem Sobrinho

Engenheiro Civil pela EESC-USP (1967); Engenheiro Sanitarista pela FHSP-USP (1969); MSc in Public Health Engineering pela University of Newcastle upon Tyne, UK (1975); Doutor pela Escola Politécnica da USP (1981); Professor Titular da área de Saneamento da Escola Politécnica da USP (1996). Foi funcionário da CETESB de 1970 a 1995, tendo sido Assessor da Diretoria de Controle de Poluição das Águas e Gerente de Departamento de Pesquisas.

Endereço ⁽¹⁾: Avenida Heitor Vila Lobos, 1227 – Vila Ema, São Jose dos Campos - SP – CEP 12243-602 - Brasil - Tel.: (12) 3947-1501 - e-mail: flolivei@sabesp.com.br.

RESUMO

O cloro embora inative a maior parte dos organismos patogênicos presentes no esgoto sanitário produz subprodutos, entre eles os trihalometanos, tóxicos ao meio ambiente e prejudicial à saúde humana. A variação na formação desse subproduto está relacionada à dose de cloro aplicada e à composição qualitativa do efluente. Visando minimizar os efeitos tóxicos desses subprodutos a descloração pode ser uma exigência.

A radiação ultravioleta se apresenta como uma alternativa adequada, sem a ocorrência de formação de subprodutos e sem efeitos tóxicos agudos.

Foram realizados testes em laboratório e em escala piloto para a comparação entre os processos de cloração e radiação UV para efluentes nitrificados e não nitrificados gerados em sistemas de lodos ativados.

Para as condições analisadas verificou-se que a desinfecção com cloro gás de efluentes não nitrificados apresentou teores de trihalometanos menores que 20 µg/L. Foram registrados efeitos tóxicos mas para o caso em estudo a descloração não foi uma exigência.

Nessa situação, quando comparada com a radiação UV, a cloração apresenta uma economia de quase 50% nos custos de implantação e operação. Entretanto, a radiação UV se aplica a qualquer dos efluentes citados e não há ocorrência de subprodutos permanecendo apenas os efeitos tóxicos inerentes ao próprio efluente.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção, Radiação UV, Subprodutos da desinfecção, Toxicidade.

INTRODUÇÃO

A desinfecção de efluentes de processos de tratamento de esgotos de origem doméstica ou industrial, independente do tipo de processo, têm sido motivo de estudos mais abrangentes devido à alguns fatores:

- existe cada vez mais um número maior de estações de tratamento de esgotos em operação e cujos efluentes são lançados, na sua maioria, em corpos receptores que têm usos dos mais variados,
- existem várias alternativas de sistemas e agentes desinfetantes.

Dentre os agentes desinfetantes químicos, o cloro é largamente o mais utilizado para águas e esgotos e normalmente aplicado nas formas de cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou cálcio e outros compostos na forma líquida ou sólida. Os compostos de cloro, ao serem adicionados à água, reagem formando ácido hipocloroso (HOCl) que se dissocia em OCl^- e H^+ . O cloro também reage com a matéria orgânica presente no esgoto, formando compostos organoclorados e cloroaminas. Devido à seletividade da reação do cloro com a amônia, a cloração de efluentes de tratamento secundário não nitrificados e mesmo aqueles nitrificados, mas que apresentem um pequeno residual de amônia, a taxa de formação de subprodutos é muito baixa, com inexpressiva geração de trihalometanos (Rebhun et al, 1997).

Necessário destacar que a eficiência da desinfecção se deve à associação de vários fatores. Reatores de contato com características hidrodinâmicas que possibilitem boa homogeneidade podem reduzir o tempo de contato e a concentração inicial do agente necessário à desinfecção.(Daniel et al., 2001). Entretanto, só a presença de residuais de cloro, mesmo em baixas concentrações, na forma livre ou combinada é tóxica ao meio ambiente.(White, 1999).

O emprego da radiação ultravioleta artificial tem se mostrado uma alternativa que apresenta excelente eficiência de inativação de efluentes secundários, não gera subprodutos e permanecem somente os efeitos tóxicos inerentes às características do próprio efluente.

Os resultados que se seguem foram obtidos da avaliação e comparação dos processos de desinfecção com cloro gás e radiação ultravioleta, de efluentes nitrificados e não nitrificados de lodos ativados de duas estações de tratamento de esgotos, situadas na cidade de São Jose dos Campos - SP e operadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp. Os objetivos específicos da pesquisa foram verificar a formação de subprodutos no efluente desinfetado; verificar a toxicidade do efluente desinfetado e obter resultados que permita a escolha do sistema de desinfecção adequado a ser implantado na ETE Lavapés, município de São José dos Campos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa se desenvolveu tanto em escala laboratorial como em escala piloto para os dois agentes desinfetantes entre abril e outubro de 2003. Os processos de desinfecção avaliados foram à desinfecção com cloro gasoso e desinfecção com radiação ultravioleta aplicados a efluentes de estações de tratamento denominadas ETE Lavapés e a ETE Vista Verde que produzem efluentes não nitrificados e nitrificados respectivamente.

ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Na etapa laboratorial, entre abril a junho de 2003, os afluentes e efluentes das duas estações de tratamento de esgotos foram caracterizados através de coletas compostas. Após a caracterização realizaram-se os testes de desinfecção dos efluentes com hipoclorito de sódio em ensaios de jar-test. As análises realizadas nessa etapa seguiram metodologias descritas na Standard Methods. Após os resultados foram eleitos as dosagens e o tempo de contato ótimos e que foram utilizados na etapa de desinfecção em escala piloto. Também foram realizados em laboratório com amostra composta do efluente da ETE Lavapés, testes de descloração utilizando-se tiosulfato de sódio como agente desclorante.

DESINFECÇÃO EM ESCALA PILOTO

- Uma unidade piloto (10 L/s) para desinfecção com cloro gás dos dois efluentes foi construída na ETE Lavapés. A configuração do reator se aproximou de um reator tipo plug-flow, apresentando chicanas longitudinais com uma relação largura/comprimento de 0,01. Em função dos resultados laboratoriais, o planejamento dessa etapa previu: dosagens de cloro gás entre 3,0 mg/L a 5,0 mg/L para um tempo de contato de 30 minutos. Foram realizadas análises de Coliformes Totais, Coliformes Fecais, pH, Série de Sólidos, Série Nitrogenada, ORP, Cloro Livre, Cloro Total, Cloro Combinado e determinação de Trihalometanos no efluente clorado. Utilizando-se os esgotos tratados, desinfetados e desclorados da ETE Lavapés foram realizados ensaios de toxicidade. A metodologia aplicada seguiu e bioensaio de toxicidade aguda de acordo com a NBR 12713, utilizando como organismo teste a *Daphnia Similis Claus*.
- Para a desinfecção com radiação UV foi utilizado, na ETE Lavapés, uma unidade móvel fornecida pela empresa *Trojan*, modelo UV 3150 K-PTP (6 L/s). O objetivo foi obter dados para avaliação dos principais parâmetros de desempenho da radiação UV. Os parâmetros medidos foram: intensidade da radiação; sólidos suspensos totais no efluente irradiado; turbidez, transmissão de UV (Transmitância - TUV) do efluente (%); determinação de coliformes totais e termotolerantes antes e após a radiação. O período de testes foi de quatro dias para os dois efluentes.

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO REATOR PILOTO DE DESINFECÇÃO COM CLORO GÁS

Nessa etapa foi determinado o tempo médio de residência e o valor de coeficiente de dispersão hidráulica do reator piloto. A metodologia consistiu em aplicar um traçador radioativo na secção de entrada do reator e monitorar sua concentração na secção de saída. Os testes foram realizados pelos técnicos do IPEN sendo que o radioisótopo utilizado foi o Iodo-131.

ESTUDO ECONÔMICO COMPARATIVO

Os estudos comparativos econômicos entre os processos de desinfecção com cloro gás e radiação UV foram aplicados no caso da ETE Lavapés. O escopo desse estudo foi:

- pré-dimensionamento das unidades principais de cada processo de desinfecção com base nos resultados obtidos em escala piloto;
- pesquisa de mercado para fornecimento dos sistemas com empresas fornecedoras dos dois tipos de sistemas;
- determinação dos custos operacionais para os dois sistemas levando-se em conta os custos de implantação, manutenção e operação;
- os custos operacionais diretos: energia, mão de obra, manutenção & serviços e produtos químicos foram referenciados aos custos existentes na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP.
- não foram realizados estudos de dimensionamento e custos para sistema de descloração uma vez que os resultados obtidos nos bioensaios de toxicidade, a descloração não foi uma exigência observada na alternativa de desinfecção com cloro gás.

RESULTADOS

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram divididos em: Desinfecção com Cloro, Desinfecção por Radiação UV e Comparação de Custos entre Cloração e Radiação UV.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios da caracterização dos esgotos de cada uma das estações de tratamento. Os resultados comprovam claramente que estação ETE Lavapés gera efluente não nitrificado e a estação ETE Vista Verde gera um efluente nitrificado.

Tabela 1: Caracterização dos Efluentes

Parâmetros	ETE Lavapés		ETE Vista Verde	
	afluente	efluente	afluente	efluente
SST(mg/L)	185	10	186	9,3
DBO(mgO ₂ /L)	160	11	210	13
DQO(mgO ₂ /L)	337	60	381	27
N _{total} (mg/L)	43,2	21,2	29,5	12,5
N _{amoniacoal} (mg/L)	22,0	15,0	23,0	0,10
N _{NO₂ + NO₃} (mg/L)	1,80	0,30	2,20	8,60
PH	7,2	7,1	7,3	6,9
Eficiência Remoção DBO (%)	93		94	
Eficiência Remoção DQO (%)	82		93	
CT(NMP/100mL)	8,6 E+06	8,7 E+05	2,4 E+06	5,2 E+05
CF(NMP/100mL)	1,5 E+06	8,3 E+04	1,7 E+06	10 E+05

DESINFECÇÃO COM CLORO

Os resultados dos ensaios em laboratório apontaram para o efluente não nitrificado a dosagem ótima de 2,5 mg/L e para o efluente nitrificado a dosagem de 3,5 mg/L. Para os dois casos, o tempo de contato registrado para a dosagem ótima foi de 30 minutos. Os resultados obtidos em laboratório apresentaram dosagens de inativação de microorganismos de acordo com valores citados na literatura. (METCALF & EDDY -2003).

As baixas dosagens necessárias à inativação obtidas em laboratório se devem à excelente qualidade dos efluentes testados, com baixas concentrações de DBO, DQO e SST. Comparando-se as doses necessárias para inativação dos dois efluentes verifica-se que ocorreu uma dosagem mais elevada para o efluente nitrificado, embora apresente características semelhantes ao do efluente não nitrificado (DBO, SST, DQO). No efluente nitrificado, os compostos de nitrogênio já estão oxidados e o cloro passa a reagir de imediato com os compostos orgânicos presentes no efluente. Isso acarreta uma maior demanda de cloro. Portanto, para obter a inativação dos microorganismos é necessária maior dose do agente. Esses resultados estão de acordo com WHITE (1999). As Figuras 1 e 2 apresentam os residuais de cloro dos efluentes desinfetados com várias doses de hipoclorito de sódio. Comparando-se os resultados das Figuras 1 e 2, no caso do efluente não nitrificado, a concentração de cloro residual é quase o dobro daquele do efluente nitrificado. Esse fato é consequência da presença de cloro combinado no efluente não nitrificado.

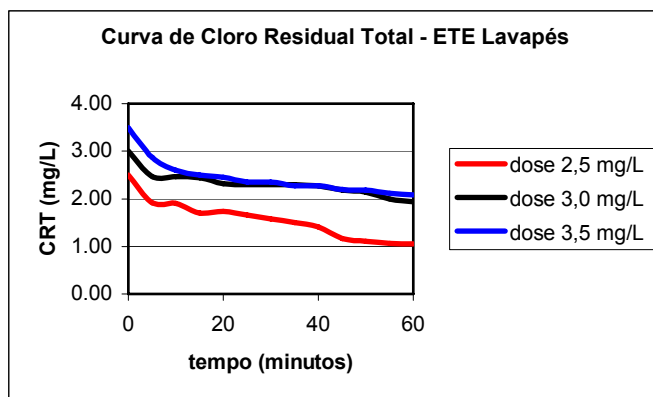


Figura 1: Curva de Cloro Residual – Efluente Não Nitrificado.

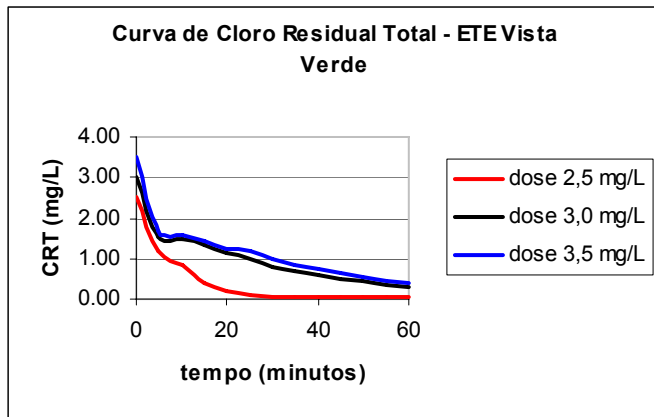


Figura 2: Curva de Cloro Residual – Efluente Nitrificado.

Quanto à formação de subprodutos, na Tabela 2 são apresentados os resultados da formação de compostos organoclorados, especificamente os THMs totais. A formação de THM ocorre na desinfecção dos dois efluentes, porém em teores pequenos e aceitáveis dentro dos limites da legislação (CONAMA 20). O menor teor de THM formado no efluente não nitrificado em relação ao efluente nitrificado aponta para a influência do nitrogênio amoniacal na menor formação de subprodutos organoclorados. Esse fato é citado por Rebhun et al (1997) uma vez que a reação do cloro na presença de nitrogênio amoniacal é imediata minimizando a reação do cloro livre com os compostos orgânicos presente nos esgotos.

Tabela 2: Formação de Subprodutos na Desinfecção com Cloro.

Dose Cl ₂ (mg/L)	THM (µg/L)	
	ETE Lavapés	ETE Vista Verde
1,0	< 20	< 20
1,5	< 20	< 20
2,0	< 20	< 20
2,5	< 20	< 20
3,0	< 20	< 20
3,5	< 20	30
4,0	< 20	30
4,5	20	40
5,0	30	90

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO REATOR PILOTO DE DESINFECÇÃO COM CLORO GÁS

Na Figura 3 é mostrada a representação gráfica da medição da concentração do traçador na saída do reator piloto. Os resultados gráficos apontam para uma caracterização do reator como reator não ideal com tendência ao regime de fluxo tipo pistão. Quanto à caracterização hidráulica o reator piloto apresentou coeficiente de dispersão de 0,09.

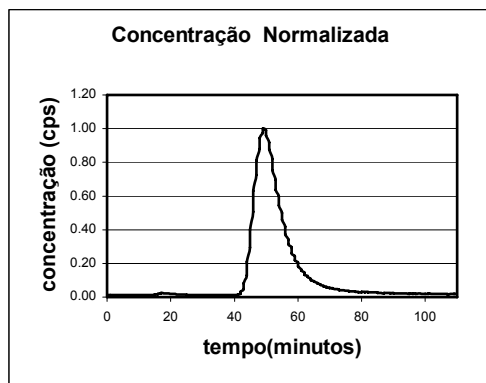


Figura 3: Registro da Concentração do Traçador na Saída do Reator.

DESINFECÇÃO COM CLORO GÁS EM ESCALA PILOTO

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados da desinfecção com cloro na unidade piloto dos efluentes nitrificados e não nitrificados respectivamente. Alguns comentários diante dos resultados obtidos:

- as variações entre as dosagens de inativação em laboratório e aquelas obtidas em escala piloto se devem a dois principais motivos. O primeiro é a variação na qualidade do efluente uma vez que em laboratório tratava-se de uma amostra composta e o teste em escala piloto tratava-se de uma amostra pontual refletindo a real condição instantânea de cada ETE. O segundo motivo se deve às condições ideais de mistura e tempo de contato no laboratório versus as condições não ideais da unidade piloto.
- quanto à comparação na formação de THM entre os dois efluentes os resultados repetiram àqueles registrados em laboratório, porém registrando teores inferiores. A cloração, portanto não deve ser descartada de imediato como alternativa de desinfecção mas deve ser avaliado a formação de subprodutos, sua concentração e o corpo receptor.
- os aspectos da reação do cloro na presença de compostos de nitrogênio repetiram os mesmos efeitos notados na etapa laboratorial. Entretanto a presença de composto cloro-nitrogênio no efluente pode apresentar efeitos tóxicos ao meio ambiente.
- o reator de contato apresentando um baixo coeficiente de dispersão que contribuiu para a baixa dosagem necessária de cloro. Efeitos tóxicos da presença de compostos de nitrogênio no efluente clorado podem ser minimizados com maiores tempos de contato e menores doses iniciais de cloro permitindo a reação completa das cloroaminas minimizando as concentrações finais de cloro e nitrogênio no efluente.

ENSAIO DE TOXICIDADE

Os ensaios de toxicidade foram realizados somente com o efluente da ETE Lavapés. Foram submetidos ao bioensaio o efluente tratado, o efluente clorado com dose de 3,5 mg/L e o efluente desclorado. Os resultados obtidos foram:

- o efluente bruto e o efluente desclorado não apresentaram toxicidade aguda para *Daphnia Similis* levando-se em conta sua diluição no corpo receptor;
- efluente clorado apresentou toxicidade aguda para *Daphnia Similis* nas diluições do efluente inferiores a 75%.

Os resultados dos ensaios de toxicidade mostraram que não há exigência de implantação de unidade de descloração para o caso da ETE Lavapés

Tabela 3: Desinfecção Com Cloro em Unidade Piloto – ETE Lavapés.

ETE Lavapés - Resultados dos testes de desinfecção com cloro na unidade piloto						
	Ponto de medição	Tempo de contato (minutos)	Dose (mg/L)			
			3,0	3,5	4,0	4,5
Eficiência de inativação de CT		30	99.3923	99.9998	99.9998	99.9998
Eficiência de inativação de CF		30	97.6633	99.9977	99.9977	99.9977
CRT (mg/L)	efluente	30	1.2	1.6	2.1	2.4
DQO (mgO ₂ /L)	afluente	30	61	61	61	61
	efluente	30	53	53	54	59
DBO (mgO ₂ /L)	afluente	30	13	13	13	13
	efluente	30	7	8	6	8
SST (mg/L)	afluente	30	13	13	13	13
	efluente	30	7	7	7	5
N-amoniaco (mg/L)	afluente	30	16	16	16	16
	efluente	30	6,1	8,3	7,6	8,9
N-nitrato + nitrito (mg/L)	afluente	30	0,5	0,4	0,5	0,5
	efluente	30	0,3	0,3	0,3	0,3
N- total (mg/L)	afluente	30	20,4	20,9	20,4	20,4
	efluente	30	10,0	10,5	11,3	10,2
THM (µg/L)	efluente	30	20	20	20	20

Tabela 4: Desinfecção com Cloro em Unidade Piloto – ETE Vista Verde.

ETE Vista Verde - Resultados dos testes de desinfecção com cloro na unidade piloto						
	Ponto de medição	Tempo de contato (minutos)	Dose (mg/L)			
			3,5	4,0	4,5	5,0
Eficiência de inativação de CT		30	98.5077	99.9538	99.9969	99.9997
Eficiência de inativação de CF		30	98.8259	99.9984	99.9984	99.9984
CRT (mg/L)	efluente	30	0.5	0.3	1.1	1.6
DQO (mgO ₂ /L)	afluente	30	30	30	30	30
	efluente	30	22	22	21	21
DBO (mgO ₂ /L)	afluente	30	12	12	12	12
	efluente	30	9	8	8	8
SST (mg/L)	afluente	30	9	9	9	9
	efluente	30	1	2	1	1
N-amoniaco (mg/L)	afluente	30	0,1	0,1	0,1	0,1
	efluente	30	1,5	1,3	1,3	1,2
N-nitrato + nitrito (mg/L)	afluente	30	8,2	8,2	8,2	8,2
	efluente	30	2,3	2,4	2,3	2,4
N- total (mg/L)	afluente	30	12,2	12,2	12,2	12,2
	efluente	30	8,3	8,3	8,4	8,3
THM (µg/L)	efluente	30	20	40	50	50

DESINFECÇÃO POR RADIAÇÃO UV

Nas Tabelas 5 a 6 são apresentados os resultados de eficiência da desinfecção com radiação UV dos dois efluentes. Os resultados apontam que a dose mínima necessária ao atendimento, com segurança, de 1000 NMP/100mL de coliformes termotolerantes situa-se na faixa acima de 40 mJ/cm². Esse valor também está próximo a valores adotados em literatura (Gonçalves et al). A radiação UV apresentou uma boa eficiência. Entretanto, devido à inadequação do tempo para realização dos testes, fatores como período de limpeza das lâmpadas e variações na intensidade da radiação x horas de operação não puderam ser levantados e dificultaram o estudo econômico.

Tabela 5: Eficiência de Remoção Por Radiação UV– ETE Lavapés

Radiação UV - ETE Vista Verde - Eficiência de Remoção						
Data	Coliforme Afluente		Coliforme Efluente		Eficiência de remoção (%)	
	CT (NMP/100mL)	CF (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)	CF (NMP/100mL)	CT	CF
12/8/03	7.27E+05	1.43E+04	1.00E+03	2.00E+01	99.862	99.860
13/8/03	2.42E+06	6.49E+05	4.90E+03	2.46E+03	99.797	99.621
14/8/03	2.42E+06	6.87E+04	4.19E+03	5.20E+02	99.827	99.243
15/8/03	2.42E+06	8.66E+05	1.30E+03	1.73E+02	99.946	99.980

Tabela 6: Eficiência De Remoção Por Radiação UV– ETE Vista Verde

Radiação UV - ETE Lavapés - Eficiência de Remoção - 2003						
Data	Coliforme Afluente		Coliforme Efluente		Eficiência de remoção (%)	
	CT (NMP/100mL)	CF (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)	CF (NMP/100mL)	CT	CF
2/7/03	2.42E+06	5.54E+04	1.61E+03	6.20E+01	99.933	99.888
3/7/03	9.86E+05	8.66E+04	4.10E+03	1.20E+02	99.584	99.861
4/7/03	2.42E+06	6.20E+04	2.31E+03	7.60E+01	99.905	99.877
5/7/03	8.67E+05	3.09E+04	1.89E+03	4.00E+01	99.782	99.871

ESTUDOS ECONÔMICOS

Os estudos econômicos foram realizados levando-se em conta a implantação de unidades de desinfecção por cloro gás e radiação UV para a ETE Lavapés. Os dados utilizados no pré-dimensionamento do sistema de cloração foram:

- vazão máxima do efluente: 900 L/s
- dosagem: 3,5 mg/L de Cl₂
- tempo de detenção na câmara de contato (para vazão máxima): 30 minutos

Os resultados calculados foram para uma dosagem horária de Cl₂ de 11,3 kg/h e um volume da câmara de contato de 1800 m³.

Os dados utilizados no dimensionamento do sistema de radiação UV foram:

- Transmitância (%) = 70
- Dose (D_{av}- mJ/cm³) = 50
- P₂₅₄ = 200 W (potencia da lâmpada, comprimento de onda de 254 nm, baixa pressão e alta intensidade, lâmpadas imersas em canal livre)
- fator de correção (f) = 0,25
- tempo de detenção = 10 s.
- Q = 600 L/s (vazão media de projeto da ETE Lavapés)

Os resultados calculados apresentaram um número de lâmpadas estimado de 216, potência instalada estimada de 43 KW e um volume mínimo da câmara de contato de 7,3 m³.

Com base nos valores obtidos no pré-dimensionamento das unidades foi solicitada a duas empresas a estimativa de custos para fornecimento de sistemas de desinfecção por radiação UV e com Cloro gasoso para a ETE Lavapés. De acordo com os materiais e métodos estabelecidos e as estimativas de custos apresentadas pelas empresas, na Tabela 7 segue a comparação entre os custos operacionais dos dois sistemas de desinfecção para a ETE Lavapés.

Tabela 7: Comparativo de Custos Operacionais.

Quadro Comparativo de Custos		
Descrição dos Custos	Custo mensal (R\$/mês)	
	Cl ₂	UV
Energia elétrica	583,20	5209,92
Investimentos	4638,00	13586,00
Manutenção	1500,00	6250,00
Produto químico	5334,34	-
Total	12055,54	25045,92
Custo total (R\$/m ³)	0,015	0,026

Os resultados apontam que o custo de implantação e operação da cloração é cerca de 57% do custo do sistema de radiação UV. Caso a descloração fosse necessária, de acordo com dados citados em literatura (Gonçalves et al – 2003), o custo de instalação e operação desse sistema fica em torno de R\$ 0,045/m³. Nesse caso a desinfecção com radiação UV se apresenta como a alternativa mais econômica e adequada.

CONCLUSÕES

No contexto dos aspectos abordados e para as condições investigadas conclui-se que:

- a formação de subprodutos na cloração de efluentes não nitrificados foi menor quando comparada à cloração de efluentes nitrificados. Entretanto, mesmo para o efluente nitrificado, os teores de THMs formados foram menores que 30 µg/L;
- a reação do cloro com o nitrogênio amoniacal, associado a tempos de contato elevados e reatores de contato com coeficiente de dispersão baixo pode produzir um excelente resultado na inativação de microorganismos e produzir efluentes de baixa toxicidade;
- a desinfecção com radiação UV se apresenta como um sistema de boa eficiência de inativação de microorganismos sem geração de subprodutos;
- para a ETE Lavapés, a desinfecção com cloro gás é a alternativa técnica e econômica mais recomendada uma vez que não há a exigência de descloração.

Com base nas informações reunidas nesta pesquisa recomenda-se aprofundar e avaliar a toxicidade dos efluentes nitrificados e não nitrificados desinfetados com cloro, assim como avaliar os aspectos operacionais e de custos da descloração tendo em vista que não foi abordado nesta pesquisa por não ser exigência para o lançamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DANIEL, L.A. Processos de Desinfecção e desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável. Rio de Janeiro; ABES 2001.
2. REBHUN et al. Formation of Disinfection Byproducts During Chlorination of Secondary Effluent and Renovated Water. Water Environmental Research, vol 69, number 6, september/october of 1997.
3. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Design Manual of Municipal Wastewater Disinfection. Washington D.C. Office of Research and Development- EPA, 625/1, 1986.
4. WHITE, G. CLIFFORD. Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants. John Wiley and Sons Publication, 1999.
5. GONCALVES, R.F. Desinfecção de Efluentes Sanitários, Remoção de Organismo Patógenos e Substancias Nocivas- Aplicações para fins produtivos com agricultura, aqüicultura e hidroponia. Rio de Janeiro. Projeto PROSAB, ABES, 2003.