

MODELO EXPERIMENTAL DE DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO USANDO ÁCIDO PERACÉTICO

Leandro Henrique Martins Dias¹

Jeanette Beber de Souza¹

Carlos Magno de Sousa Vidal¹

Grasiele Soares Cavallini¹

RESUMO

A desinfecção de esgotos sanitários tem como objetivo a inativação de microrganismos patogênicos visando a minimizar a proliferação de doenças de veiculação hídrica. No presente estudo, investigou-se o uso do ácido peracético (APA) como agente desinfetante de efluente secundário de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). Os microrganismos indicadores empregados para verificar a eficiência da desinfecção foram coliformes totais (CT) e *Escherichia coli*. Verificou-se efetiva inativação de CT e *E. coli* para as concentrações aplicadas de APA de 5,0 e 10,0 mg.L⁻¹, para os tempos de contato de 10 e 20 minutos.

Palavras-chave: tratamento de esgoto, desinfecção, ácido peracético, *Escherichia coli*, coliformes totais

ABSTRACT

Experimental model of wastewater disinfection using peracetic acid. The sanitary wastewater disinfection has as its objective the inactivation of pathogens in order to minimize disease proliferation of hydric vehiculation. In the current study, it was investigated the use of peracetic acid (PAA) as a disinfecting agent of effluent from the wastewater treatment plant (WWTP). The indicator microorganisms applied to check the disinfection efficiency were total coliforms and *Escherichia coli*. An effective inactivation of total coliforms and *Escherichia coli* was checked for the applied concentrations of PAA of 5.0 and 10.0 mg.L⁻¹ for contact time from 10 and 20 minutes.

Key words: wastewater treatment, disinfection, peracetic acid, *Escherichia coli*, total coliforms

¹ Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO, PR). Depto. de Engenharia Ambiental. E-mail para correspondência: lhdias.amb@gmail.com

INTRODUÇÃO

O tratamento dos esgotos sanitários tem como principal objetivo a remoção de matéria orgânica e de sólidos dos efluentes. No entanto, o interesse na desinfecção dos esgotos tem se tornado cada vez maior devido às precárias condições de qualidade (e de quantidade) que as fontes de água usadas para diversos fins, como, consumo humano, atividades industriais, irrigação, pesca, recreação e balneabilidade vêm apresentando nos dias atuais.

A desinfecção de esgotos sanitários não tem o objetivo de esterilizar completamente os microrganismos presentes no efluente, mas sim promover a inativação de possíveis patógenos provenientes do organismo humano, minimizando com isso o risco da proliferação de doenças de veiculação hídrica. Ou seja, o objetivo da desinfecção de esgotos é garantir a qualidade microbiológica do efluente e, com isso, reduzir o risco de que doenças infecciosas transmitidas pela água, como o cólera, a hepatite, a amebíase, a ascaridíase, entre outras, possam atingir a população situada à jusante do corpo d'água receptor do efluente final da ETE, tendo em vista os usos múltiplos da maioria desses.

Na literatura científica da área, vários autores e organizações internacionais de proteção ambiental: Campos (1993); Bitton (1994); USEPA (1999); Daniel (2001) e Gonçalves (2003) destacam a importância da prática da desinfecção de esgotos sanitários, alegando ser esta a última barreira sanitária proporcionada pela ETE. Ainda, Campos (1993) aborda que a desinfecção deve ser implantada em todos os locais onde haja risco à saúde humana, principalmente devido ao fato de se tratar de uma prática vantajosa em termos econômicos face aos benefícios gerados.

Por sua vez, segundo Gonçalves (2003), a decisão pela implantação da desinfecção de esgotos sanitários no fluxograma de uma ETE, bem como a escolha de qual agente desinfetante empregar não é uma tarefa simples, pois, além dos custos envolvidos na implantação e na manutenção da operação da etapa da desinfecção (construção dos tanques de contato, ou outras unidades de desinfecção, bem como aumento do consumo de energia elétrica) existe a possibilidade da geração de subprodutos potencialmente tóxicos provenientes do agente desinfetante empregado.

Segundo Campos (1993), a desinfecção de esgotos sanitários deve ter cada caso estudado em particular, uma vez que os mecanismos de desinfecção são complexos e dependem das propriedades físico-químicas do desinfetante, da natureza do microrganismo e das características do efluente a ser desinfetado, como pH, turbidez, cor, DBO, DQO etc.

No Brasil, as ETE, em sua grande maioria, não apresentam etapa de desinfecção em seu fluxograma, e, quando apresentam, a prática mais corrente é a da cloração.

O cloro é o desinfetante mais largamente empregado em todo o mundo, utilizado há mais de um século para desinfecção da água de abastecimento, e também bastante utilizado como desinfetante de esgotos. No entanto, como desinfetante de esgotos seu uso está diretamente relacionado à necessidade da descloração antes de seu lançamento em corpo receptor, pois, o cloro residual é tóxico à vida aquática, além de possibilitar a geração de compostos perigosos e substâncias potencialmente carcinogênicas e mutagênicas como trihalometanos e outros organoclorados (Von Sperling, 2005). Essa etapa adicional de descloração encarece o processo, restringindo assim o seu uso.

Diante dessa problemática, o uso de desinfetantes alternativos ao cloro vem sendo estudados. Dentre eles o ácido peracético, que é um desinfetante com largo espectro de atividade antimicrobiana, mesmo na presença de matéria orgânica (Baldry et al. 1991; Souza e Daniel, 2005). Seu uso já é praticado em indústrias alimentícias, na agricultura, na medicina - para esterilização de equipamento cirúrgicos-, e, mais recentemente, vem sendo empregado na desinfecção de águas de abastecimento e águas residuárias, devido às suas características desinfetantes, oxidantes e de baixo potencial de geração de residuais tóxicos ao corpo receptor.

Produzido a partir da reação de peróxido de hidrogênio e ácido acético, o APA apresenta como vantagem a fácil implantação em estações de tratamento, pois tem grande similaridade de uso e manuseio com o cloro, além de oxidar a matéria orgânica e aumentar o oxigênio dissolvido no efluente final.

Kitis (2003) realizou revisão bibliográfica sobre o uso do APA na desinfecção de esgotos sanitários e também destacou como atributos positivos o largo espectro de atividade, a ausência de residuais e subprodutos tóxicos ou mutagênicos, a ausência da descloração, a baixa dependência do pH e a boa efetividade desse desinfetante para efluentes primários e secundários. As principais desvantagens citadas foram: o aumento do conteúdo orgânico no efluente, devido ao ácido acético que está presente na mistura do desinfetante e também é formado após a decomposição do APA, além do custo mais elevado em relação ao cloro. No entanto, o autor atribuiu o custo mais alto à escassa produção mundial do produto e considerou que, se sua demanda aumentar, especialmente devido à indústria de tratamento de efluentes, seu custo deverá ser reduzido, e nesse caso, as vantagens de ordem ambiental associadas ao APA deverão torná-lo competitivo ao cloro.

Em relação à toxicidade residual do APA bem como à possibilidade de formação de subprodutos da desinfecção, Souza e Daniel (2007) realizaram revisão bibliográfica sobre o assunto e apresentaram que o APA não é classificado como carcinogênico por instituições internacionais, tais como a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), a EPA, o Programa Nacional Americano de Toxicologia, dentre outras. Segundo essas instituições, o APA não é considerado carcinogênico (Block, 2001). De acordo com a revisão realizada o APA é considerado inócuo e não produz residuais tóxicos.

Costa (2007) avaliou a eficiência de desinfecção bem como o potencial tóxico dos desinfetantes: cloro, ácido peracético, radiação UV e ozônio na desinfecção de esgotos sanitários e observou que todos os desinfetantes empregados foram capazes de produzir efeitos deletérios aos organismos testes: *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus*, *Dario rerio* e *Alium cepa*. No entanto, o cloro foi o desinfetante mais tóxico seguido pelo ozônio, ácido peracético e radiação UV. A autora recomenda a revisão da utilização do cloro para desinfecção de esgotos sanitários sem prévia descloração, em face da eficiência satisfatória de inativação de bactérias proporcionada por outros agentes desinfetantes potencialmente menos tóxicos como o APA e a radiação UV.

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar a eficiência do ácido peracético na inativação dos microrganismos indicadores, CT e *E. coli* presentes em esgoto sanitário.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das Amostras

O presente estudo foi realizado com efluente proveniente da lagoa facultativa (efluente final) da ETE Rio das Antas, pertencente à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), situada no município de Irati, PR.

Essa ETE possui tratamento preliminar composto por gradeamento e caixa desarenadora, tratamento secundário biológico constituído por dois reatores anaeróbios em paralelo, sendo um Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF) e um *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), seguido por lagoa facultativa com chicanas.

Protocolo do Experimento

Para os ensaios de desinfecção com ácido peracético, foram efetuadas coletas de efluente na saída da lagoa facultativa nos meses de abril e junho de 2008.

Os ensaios de desinfecção foram realizados em bancada de laboratório, em regime de batelada, empregando béqueres de vidro de 2L de capacidade, dispostos sobre agitadores magnéticos.

As dosagens de APA empregadas foram de 1,0; 5,0 e 10,0 mg.L⁻¹ e os tempos de contato de 5, 10 e 20 minutos. Após cada par dosagem-tempo de contato foram retiradas amostras para a realização dos exames microbiológicos, sendo o residual de APA ainda presente na amostra, neutralizado com tiosulfato de sódio.

As dosagens empregadas de ácido peracético foram retiradas de uma solução-mãe preparada a partir do PROXITANE® 1512. O produto¹ é uma mistura em equilíbrio contendo ácido peracético (15%), peróxido de hidrogênio (23%), ácido acético (16%) e veículo estabilizante.

Foram feitas cinco diluições do efluente final da lagoa, antes e depois do ensaio de desinfecção para verificar a eficiência de inativação dos microrganismos. As diluições foram dessa ordem para permitir ou facilitar a quantificação das bactérias, e também dar mais segurança aos resultados. Os exames microbiológicos foram realizados em duplicata, e os resultados ora apresentados constituem sua média aritmética.

Caracterização das Amostras

Para a caracterização do efluente empregado no estudo os ensaios de desinfecção, foram seguidos de análises físico-químicas e exames microbiológicos de acordo com os procedimentos indicados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

As análises físico-químicas realizadas foram: pH, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos totais (SST).

Para os exames microbiológicos, foi utilizada a técnica da filtração em membranas que consistiu na filtração de um volume conhecido (100 mL) de amostra, através de uma membrana estéril com porosidade de 0,45 µm, sendo as mesmas dispostas em placas de Petri contendo o meio de cultura seletivo e diferencial *Chromocult Coliform Agar* (Merck).

Os ensaios de desinfecção foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta dos efluentes da lagoa, os mesmos foram caracterizados e apresentaram os seguintes valores médios: pH de 7,5; turbidez de 19,8 uT; DQO de 121 mg.L⁻¹ e Sólidos Suspensos Totais (SST) de 42 mg.L⁻¹. Esses valores foram considerados usuais (padrão) para o tipo de tratamento implementado na ETE, de acordo com Von Sperling (2005).

Na Tabela 1, estão apresentadas as densidades finais (N) de CT e *E. coli* após as concentrações aplicadas de APA de 1,0; 5,0 e 10,0 mg.L⁻¹ nos tempos de contato de 5, 10 e 20 minutos, bem como as densidades iniciais (No) dos mesmos microrganismos no efluente da lagoa da ETE.

Tabela 1 – Densidades iniciais (No) dos microrganismos indicadores CT e *E. coli* e após os ensaios de desinfecção (N).

No			Abril		Junho	
			CT	<i>E. coli</i>	CT	<i>E. coli</i>
			(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)
			7,0 x 10 ⁵	1,0x10 ⁵	1,1x10 ⁶	2,3x10 ⁵
N	1 mg.L ⁻¹	5	3,9 x 10 ⁵	4,1 x 10 ⁴	8,0 x 10 ⁵	1,0 x 10 ⁵
		10	2,6 x 10 ⁵	2,1 x 10 ⁴	3,2 x 10 ⁵	2,0 x 10 ⁴
		20	1,5 x 10 ⁵	<1	1,2 x 10 ⁵	<1
	5 mg.L ⁻¹	5	1,0 x 10 ⁴	<1	2,0 x 10 ⁴	<1
		10	2,0 x 10 ³	<1	<1	<1
		20	2,0 x 10 ⁴	<1	<1	<1
	10 mg.L ⁻¹	5	1,0 x 10 ⁵	<1	<1	<1
		10	<1	<1	<1	<1
		20	<1	<1	<1	<1

No= densidade inicial de microrganismos (efluente da lagoa); N= densidade final de microrganismos; UFC= unidade formadora de colônia.

Para cada par dosagem-tempo de contato, foram quantificados o número final (N) de microrganismos indicadores. O número inicial (No) de microrganismos presentes no efluente final da lagoa foi variável conforme a amostra coletada. A partir das densidades sobreviventes de *E. coli* e CT, obtidas experimentalmente, foram

construídos os gráficos de inativação log N/No em função dos tempos de contato (t) apresentados nas figuras 1, 2 e 3.

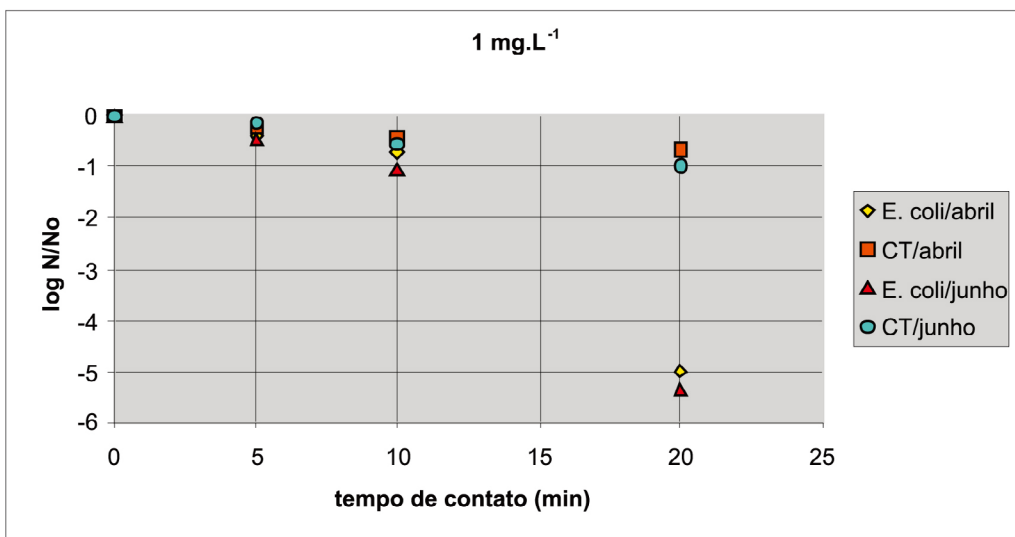


Figura 1. Inativação de *E. coli* e CT para concentração de 1,0 mg.L⁻¹ de APA.

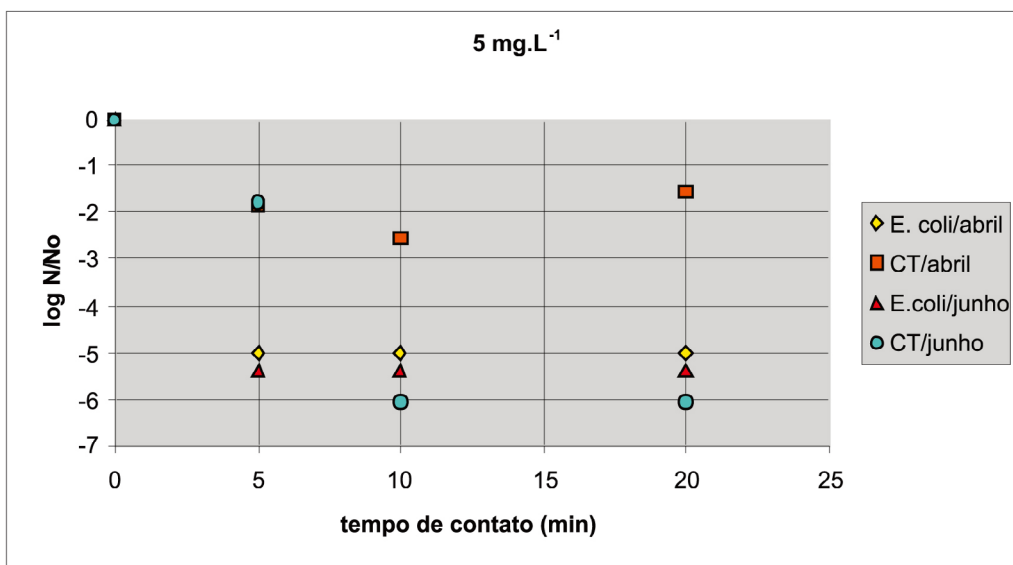


Figura 2. Inativação de *E. coli* e CT para a concentração de 5,0 mg.L⁻¹ de APA.

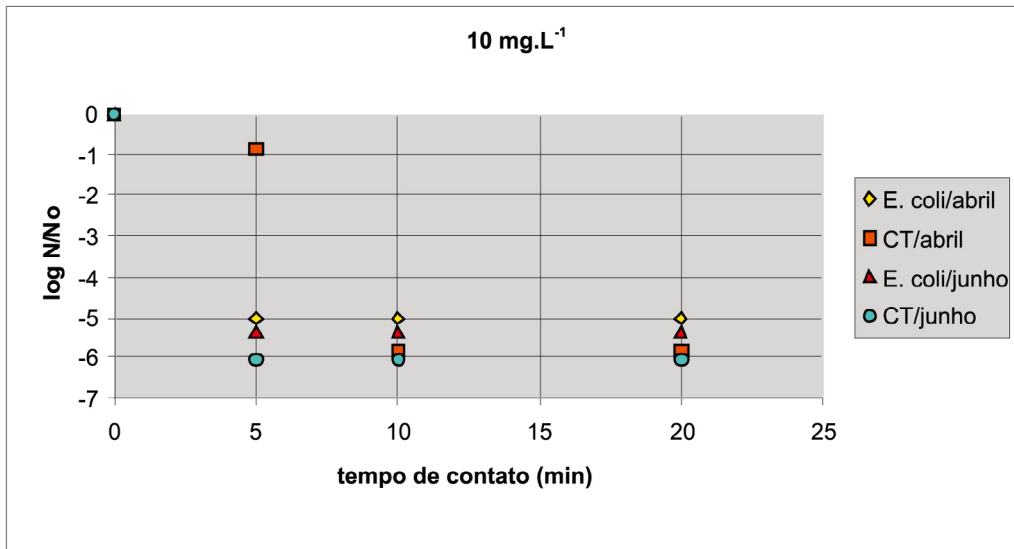


Figura 3. Inativação de *E. coli* e CT para a concentração de 10,0 mg.L⁻¹ de APA.

Para a concentração de 1,0 mg.L⁻¹ de ácido peracético aplicado e tempo de contato de 5 minutos, as inativações de *E. coli* e de CT foram abaixo de 1,0 log de inativação. Para o tempo de contato de 10 minutos, a inativação de *E. coli* permaneceu baixa, chegando a 1,06 log na amostra de junho, e a de CT continuou abaixo de 1,0 log. Para 20 minutos de contato, a inativação de *E. coli* foi de 5,02 log e 5,36 log para os meses de abril e junho, respectivamente, porém as inativações de CT continuaram abaixo de 1,0 log, verificando assim a baixa eficiência da concentração de 1,0 mg.L⁻¹ para a inativação de CT.

A dosagem aplicada de ácido peracético de 5,0 mg.L⁻¹ foi bastante efetiva para a inativação de *E. coli*, pois foi atingida inativação maior que o limite de detecção do método utilizado, ou seja, menor que 1 UFC/100 mL de microrganismos presentes na amostra, denotando inativações superiores a 5 log, para todos os tempos de contato empregados. No entanto, a inativação de CT ficou entre 1,0 e 2,0 log de inativação para o tempo de contato de 5 minutos para as 2 amostras, mas para os tempos de contato de 10 e 20 minutos, na amostra de abril a inativação foi de 2,54 e 1,54 log respectivamente, e, para a amostra de junho, obteve-se inativação efetiva de 6,05 log para os dois tempos de contato, verificando assim a elevada eficiência de inativação de CT para essa dosagem acima de 10 minutos de contato.

Para a concentração de 10,0 mg.L⁻¹ de ácido peracético aplicado, obteve-se efetiva inativação dos dois microrganismos estudados, *E. coli* e coliformes totais, em todos os tempos de contato, ou seja, inativações maiores que 5,02 log foram obtidas. Com exceção dos coliformes totais, que no tempo de contato de 5 minutos, apresentou inativação de 0,84 log na amostra de abril para essa dosagem.

A variabilidade observada nos resultados de inativação tanto de *E. coli*, como de CT para as diferentes dosagens e tempos de contato empregados no experimento com APA, pode ser explicada pela presença de matéria orgânica no efluente final da lagoa, tendo em vista que a configuração e o fluxograma da ETE do estudo, em sua operação regular, promove remoção de matéria orgânica de aproximadamente 70% (Von Sperling, 2005).

Assim, a matéria orgânica presente no efluente pode, realmente, causar competição entre as reações de oxi-redução e de inativação quando o ácido peracético é aplicado ao efluente.

Souza e Daniel (2005) observaram problema semelhante com a adição de cloro à água com elevada concentração de matéria orgânica.

No entanto, Baldry et al. (1991) verificou que a presença de matéria orgânica na forma de levedura afetou negativamente muito mais a eficiência do cloro do que a do ácido peracético.

Vale ressaltar que o ácido peracético é um forte desinfetante que apresenta potencialidade de concorrer com o cloro na desinfecção de esgotos, porém, para o seu uso em larga escala, estudos sobre a toxicidade de seu residual à vida aquática devem ser realizados, a fim de garantir segurança à vida aquática.

CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu concluir que: as inativações de *E. coli* e CT, através da aplicação de APA, foram efetivas para as concentrações de 5,0 e 10 mg.L⁻¹ nos tempos de contato de 10 e 20 minutos, possibilitando o uso desse produto como agente alternativo para desinfecção de esgotos sanitários.

Recomenda-se, entretanto, a realização de análises ecotoxicológicas do efluente desinfetado com ácido peracético antes de sua implementação em escala real.

Além disso, estudos específicos sobre a viabilidade econômica do uso do APA em escala real numa ETE seriam de suma importância para a comunidade técnico-científica da área da Engenharia Sanitária e Ambiental.

AGRADECIMENTOS

À UNICENTRO, pela disponibilização da Bolsa de Iniciação Científica (BIC); aos funcionários da SANEPAR, pela colaboração na coleta do efluente e à empresa Thech Desinfecção Ltda., pela doação do PROXITANE® 1512.

REFERÊNCIAS

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19. ed., Washington.
- BALDRY, M. G. C.; FRENCH, M. S.; SLATER, D. 1991. The Activity of peracetic acid on sewage indicator bacteria and viruses. **Water Science Technology**, **24(2)**:353-357.
- BITTON, G. 1994. **Wastewater microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 476 p.
- BLOCK, S. S. 2001. **Disinfection, Sterilization and Preservation**. 5 ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1481 p.
- CAMPOS, J. R. 1993. Uma abordagem sobre a desinfecção de esgotos no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESINFECÇÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO, 1993, Belo Horizonte. p. 137-167.
- COSTA, J. B. 2007. **Avaliação ecotoxicológica de efluente de tratamento secundário de esgoto sanitário após desinfecção com ácido peracético, cloro, ozônio e radiação ultravioleta**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 178p.
- DANIEL, L. A. (Coord.). 2001. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, ABES, 139 p.
- GONÇALVES, R. F (Coord.). 2003. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, ABES, RiMa, 422 p.
- KITIS, M. 2003. **Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review**. *Environment International*. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 24 jul. 2007.
- GASI, T. M. T. et al. 1995. Aplicação de ácido peracético para desinfecção se efluentes de lodos ativados. In: 18º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1995, Salvador. p. 17-21.
- SOUZA, J. B.; DANIEL, L. A. 2005. Comparação entre hipoclorito de sódio e ácido peracético na inativação de *E. coli* e *C. perfringens* em água com elevada concentração de matéria orgânica. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, **10(2)**:111-117.
- SOUZA, J. B.; DANIEL, L. A. 2007. Potencialidade do uso do ácido peracético para desinfecção de água e de efluentes. In: 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007, Belo Horizonte. p. 1-6.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1999. Guidance Manual – **Alternative Disinfectants and Oxidants**. Washington, D.C. Report n.815-R-99-014.
- VON SPERLING, M. 2005. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 452 p.