

VII-020 – RESISTÊNCIA DE CISTOS DE *GIARDIA spp* À DESINFECÇÃO SEQUENCIAL COM CLORO – RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Eraldo Kobayashi dos Santos⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP)

Luiz Antônio Daniel⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Doutor da Universidade de São Paulo.

Raphael Correa Medeiros⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutorando em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Av. das Gardêneas, 241, apto 34 – Cidade Jardim – São Carlos - SP - CEP: 13566-540 - Brasil - Tel: +55 (14) 9101-2255 - e-mail: eraldo.kobayashi@gmail.com

RESUMO

Nas últimas décadas, a qualidade das águas vem sendo comprometida pelo impacto causado por atividades humanas ligadas ao uso e ocupação do solo e da contaminação proveniente de atividades industriais e agrícolas. Uma das grandes preocupações desta contaminação é a existência de elevada carga de organismos patogênicos presentes no esgoto “in natura” ou insuficientemente tratado. Há relativa facilidade de transpasse dos cistos e oocistos em unidades de filtração e certa resistência destes à cloração no sistema de abastecimento de água para consumo humano, incluindo a tratada. Uma forma eminente de restrição a sua disseminação é um monitoramento controlado das características das águas naturais em conjunto com a utilização de diferentes formas de desinfecção em águas residuárias. Dentre os possíveis modos de desinfecção destacam-se dois: a cloração e a radiação ultravioleta.

A maior eficácia do que a aplicação individual é a utilização de métodos desinfetantes usados em sequência. A proposta da pesquisa foi avaliar o efeito da desinfecção sequencial com cloro – radiação ultravioleta sobre cistos de *Giardia spp*, no qual ambos atuam como desinfetantes. Sendo assim, o presente trabalho vem relatar uma análise do esgoto após o tratamento na ETE da USP – São Carlos perante a realização de desinfecção em duas concentrações de cloro, de 10 e 20 mg/L, submetidas a dois tempos de contato, de 10 a 20 minutos, singulares e conjugadas com os ensaios ultravioleta em unidade de bancada com dose de 2,5 wh/m³.

Os efeitos sinérgicos foram observados no organismo mais resistente, no caso, a *Giardia spp*, mas não nos organismos *Escherichia coli* e coliformes totais.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção sequencial, sinergismo, *Giardia spp*, cloro, radiação ultravioleta.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas, nas últimas décadas, vêm comprometendo a qualidade das águas pela forma de ocupação do solo e da contaminação de atividades industriais e agrícolas. Deste modo, a grande deficiência no setor de saneamento básico em várias regiões brasileiras vem sendo um fator na exposição direta de um grande número de pessoas ao esgoto sanitário.

Uma das grandes preocupações desta contaminação é a existência de elevada carga de organismos patogênicos presentes no esgoto “in natura” ou insuficientemente tratado. Esta contaminação e, consequentemente, transmissão se deve pela ingestão direta de água não tratada ou tratada de má qualidade, pela ingestão de alimentos contaminados ou pelo contato da pele com água e solo contaminados. Sendo assim, para o abastecimento, a recreação e a irrigação, necessita-se de um controle e um monitoramento da água, do solo, entre outros, para evitar que estas rotas de transmissão sejam concretizadas.

Esta perspectiva de transmissão de doenças de veiculação hídrica relaciona-se, em sua maior relevância, com as características físicas, químicas e biológicas das águas naturais e, secundariamente, com o estado geral de saúde, idade e condições de higiene da população exposta.

Potencialmente, todas as doenças apresentam modos múltiplos de transmissão (consumo de água, transmissão entre pessoas, consumo de alimentos contaminados, contato primário com corpos receptores, entre outras). Há evidências de transmissão de giardíase e criptosporidíase via abastecimento de água (incluindo a tratada) para consumo humano, visto a relativa facilidade de transpasse dos cistos e oocistos em unidades de filtração e resistência à cloração (BASTOS et al, 2003). A giardíase é uma das parasitoses de maior incidência em todo o mundo. Nos chamados países desenvolvidos, onde a incidência de helmintoses é mais rara e os serviços de vigilância epidemiológica mais bem estruturados, a *Giardia* apresenta-se como o parasita mais frequentemente isolado. O seu ciclo de vida é composto basicamente por duas fases: um estágio de alimentação e reprodução no trato intestinal do hospedeiro e um estágio de resistência ou inativo, em que ocorre formação de uma cápsula protetora (cisto) que permite sua sobrevivência até mesmo fora do hospedeiro.

Com isso, existe hoje uma grande preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final do esgoto, as consequências sobre o meio ambiente, à qualidade das águas, e os usos benéficos. Hoje em dia este é um assunto que chama a atenção não apenas dos engenheiros, especialistas e técnicos, mas igualmente das organizações ambientalistas e comunitárias, e da sociedade. Tendo em conta este aspecto, os estudos, critérios e projetos, relativos ao tratamento e à disposição final do esgoto, deverão ser precedidos de cuidados especiais que garantam o afastamento adequado do esgoto, e igualmente a manutenção e melhoria dos usos e da qualidade dos corpos receptores (JORDÃO; PESSOA, 2007).

Segundo estudos feitos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), os gastos anuais diretos do Sistema Único de Saúde (SUS) com tratamento de doenças disseminadas pela falta de saneamento básico chegavam a 300 milhões de reais. De acordo com o mesmo estudo, a cada quatro milhões de reais investidos no sistema de saneamento, 10 milhões de reais eram economizados em internações em hospitais. Isso mostra a necessidade de pesquisas e avanço nas tecnologias de tratamento de água para a melhoria da mesma.

Dada esta necessidade de melhoria nas tecnologias existentes devido aos problemas já analisados, existem pesquisas para a restrição da disseminação de alguns organismos patogênicos como a *Giardia* spp. e o *Cryptosporidium* spp. Dentre os principais desinfetantes usados nas estações de tratamento destaca-se o cloro e a radiação ultravioleta.

A cloração consiste em um método de baixo custo e de fácil manejo, sendo uma das técnicas mais utilizadas no tratamento de esgoto. Nas duas últimas décadas e atualmente, tem crescido o interesse pelo uso de desinfetantes alternativos, em decorrência da possibilidade da formação de subprodutos da desinfecção, como trihalometanos, ácidos haloacéticos, halopicrinas, haloacetonitrilas, haloacetonas, aldeídos, etc., compostos halogenados que podem causar riscos à saúde pública e verificados quando o cloro livre está presente e a água contém os chamados precursores, normalmente matéria orgânica natural (em geral substâncias húmicas). A radiação ultravioleta tem como grande ponto positivo a não adição de produtos químicos à água e ao esgoto e a não existência de prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente devido a modificações na matéria orgânica, sendo um ótimo desinfetante para eliminar vírus e bactérias, porém é preciso que a turbidez da água e a concentração de matéria orgânica absorvida pela radiação ultravioleta sejam baixas (águas com baixa cor verdadeira) para permitir a penetração dos raios da radiação.

Uma maior eficácia do que a aplicação individual é a utilização de métodos desinfetantes usados em sequência. Atualmente, há tendência na utilização de desinfetantes conjugados sendo atribuída ao fato que aplicações conjugadas de desinfetantes são mais eficientes que a adição individual. Esse processo produz um efeito sinérgico por aplicação simultânea ou sequencial, denominada desinfecção interativa. O sinergismo ocorre, segundo SOUZA (2006), quando a aplicação combinada de desinfetantes promove inativação de microrganismos maior que a soma das inativações ocasionadas pelos mesmos desinfetantes aplicados separadamente. Pode-se classificar em dois tipos: sequencial, na qual um desinfetante é aplicado após o outro, em sequência, havendo um desinfetante primário e um secundário; simultânea, onde dois ou mais desinfetantes são aplicados simultaneamente, por exemplo, em um tanque de mistura.

Além do mais, a ação combinada de desinfetantes pode promover vantagens como, por exemplo, a aplicação de radiação ultravioleta após a cloração em águas residuárias, a qual promove a descloração. Pesquisas sobre desinfecção conjugada e sequencial estão em estado inicial para tratamento de efluentes sanitários existindo grande parte destes estudos para água de abastecimento.

A proposta da pesquisa foi avaliar o efeito da desinfecção sequencial com cloro – radiação ultravioleta sobre cistos de *Giardia spp.*, no qual ambos atuam como.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de água residuária eram feitas no reator UASB da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade de São Paulo, Campus São Carlos. A divisão era feita em duas partes: uma era direcionada para o tratamento com o cloro e com a radiação ultravioleta (sequencial); a segunda seguia para o tratamento apenas com radiação ultravioleta.

Os cistos de *Giardia spp.* foram adquiridos do Laboratório de Protozoologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Na utilização de todos os equipamentos que, de algum modo, teriam contato direto com o esgoto analisado, foi utilizado uma solução de Tween 80 (1%) para não haver a aderência de cistos e, consequentemente, evitando a influência nos resultados de exame microbiológico.

ENSAIOS DE DESINFECÇÃO

Para os ensaios de cloro, foram utilizados béqueres de 2 L de capacidade, com agitadores magnéticos. Os tempos e dosagens estudados foram de 10 mg e 10 minutos de contato, 10 mg e 20 minutos de contato e 20 mg e 10 minutos de contato, todos em duplicatas, totalizando 6 ensaios. Previamente, determinou-se o cloro residual livre e combinado pelo método DPD colorimétrico (APHA, AWWA e WEF, 2005).

Em um conjunto de quatro béqueres eram adicionados 1,5 L de esgoto em cada sendo que, em um quinto béquer, era adicionado 1 L servindo de amostra controle. Em cada béquer foram inoculados aproximadamente 10^4 cistos de *Giardia spp.* por litro. Após a adição do hipoclorito de sódio para a desinfecção, com concentrações e tempo de contato já determinadas, separou-se 600 mL de esgoto clorado para os ensaios físico-químicos e microbiológicos. As reações decorrentes das reações eram cessadas com a adição de metabissulfito de sódio (3%).

Os ensaios com radiação ultravioleta (UV) foram realizados em unidade de bancada pelo melhor controle operacional de dose demandada, em comparação ao uso de reator com vazão constante. A unidade de desinfecção foi construída com chapa de aço inoxidável e a fonte de radiação ultravioleta foi proveniente de seis lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio, cada uma de 15 W de potência nominal que encaixam numa cúpula refletora construída de chapas de alumínio polido. O tempo necessário era estipulado a partir das leituras de absorbância em comprimento de onda de 254 nm dos efluentes a serem tratados, com a dose de $2,5 \text{ Wh/m}^3$. Inicialmente, colocavam-se 5,4 L do efluente para o estabelecimento de lâmina de 3 cm de esgoto e, realizada a desinfecção, eram retirados 600 mL para análises físico-químicas e exames microbiológicos. O restante do efluente, que não era utilizado, era mantido por, no mínimo, 5 minutos adicionais para garantir inativação dos microrganismos indicadores abaixo do limite de quantificação antes do descarte.

Para a realização da desinfecção conjunta, foram feitos os mesmos procedimentos do cloro e, logo em seguida com as mesmas amostras, o ensaio de desinfecção com radiação ultravioleta.

EXAMES MICROBIOLÓGICOS

Para a quantificação de *E. coli* foi utilizada a técnica de pour plate, usando o meio Chromocult® Coliform Agar (Merck Cat.No.1.10426) que consiste na determinação simultânea da presença de coliformes totais e *E. coli*. Para a realização do teste, utilizando-se de placas de Petri estéreis, foram necessários 1 mL de amostra, adicionados a 9 mL de meio de cultura líquido a 55°C e homogeneizadas em movimentos em “oito”. Após a

solidificação do meio, as placas foram incubadas a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 ± 1 h. Nesta técnica as colônias que apresentarem coloração salmão / vermelha são reconhecidas como coliformes totais (sem *E. coli*) e coloração azul-escura / violeta como *E. coli*. O método do pour plate foi escolhido pela quantidade de sólidos existente nas amostras, os quais interferem o método da filtração.

A realização da quantificação das *Giardia* spp é dividida em quatro partes: concentração da amostra, purificação da amostra por separação imunomagnética (IMS) e captura de cistos, dissociação ácida dos cistos das partículas e teste de viabilidade e, por fim, a leitura dos resultados.

A concentração de amostras é feita com base na metodologia adaptada de McCuin & Clancy, 2005. Consiste na concentração a partir da utilização de centrifugações em sequência, com descarte do sobrenadante e dissolução do “pellet” formado com um vórtex durante nos intervalos das centrifugações.

A purificação da amostra por IMS e captura de cistos foi realizada segundo o protocolo do fabricante Dynal CG - Combo anti-*Cryptosporidium* & *Giardia*. Consiste na adição de *Dynabeads*® que fixam aos cistos de *Giardia* spp e, com a utilização do concentrador de partículas magnéticas (MPC-1 e MPC-M), são separados das demais partículas, realizando a purificação.

A dissociação ácida dos cistos das partículas e teste de viabilidade foi realizada a partir da adição de hidróxido de sódio (1N), metanol, DAPI (4', 6-diamidino-2fenil-indol). Para o estudo da viabilidade, utilizou-se iodeto de propídio (PI).

Para a leitura dos resultados, foram seguidas as devidas indicações de Santos (2007):

Se forem observados objetos arredondados a ovais, com fluorescência verde (8-18 μm de comprimento por 5 a 15 μm de largura), passar o filtro bloco UV para DAPI.

Utilizando o filtro de bloco UV para DAPI, o objeto irá apresentar uma ou mais das seguintes características:

- dois a quatro núcleos azul-claros;
 - intensa coloração azul interna;
 - ligeira coloração azul interna (sem núcleos distintos) e uma borda verde.
- (a) e (b) são registrados como DAPI + e (c) como DAPI -.

Se essas estruturas atípicas não forem observadas, identificar cada objeto com fluorescência verde do tamanho e forma acima mencionados como cistos presuntivos de *Giardia*.

Para o teste com PI, os cistos identificados por RID e DAPI eram diferenciados em: PI negativo, que consiste na não penetração do reagente de iodeto de propídio no cisto, declarando assim como um cisto viável; PI positivo, com a penetração do reagente no cisto, sendo assim, um cisto inviável.

RESULTADOS

Nos ensaios com a desinfecção apenas com cloro do efluente foram realizados estudos com dosagem de 20 mg/L e tempo de contato de 10 minutos, concentração de 10 mg/L e tempos de contato de 10 e 20 minutos. Os resultados referentes à inativação das bactérias estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da inativação das bactérias com a utilização de cloro.

Ensaio [C ; T]	Coliformes Totais		E. Coli	
	N/No	Inativação	N/No	Inativação
Ensaio I – [10;10]	2×10^{-4}	3,70	< ld	> 4,60
Ensaio II – [10;10]	5×10^{-5}	4,30	< ld	> 4,30
Ensaio III a – [10;20]	< ld	> 4,95	< ld	> 4,43
Ensaio III b – [20;10]	< ld	> 4,95	< ld	> 4,43
Ensaio IV – [10;20]	$1,4 \times 10^{-3}$	2,9	< ld	> 4,36
Ensaio V – [20;10]	< ld	> 4,40	< ld	> 3,48

Notas: [C;T]: [dosagem aplicada de cloro – mg/L; tempo de contato – min]; N: Porcentagem de cistos viáveis em determinado tipo de efluente; No: Porcentagem de cistos viáveis no esgoto bruto; Inativação: $-\log(N/No)$; nd: não detectada a presença de cistos; ld: limite de detecção.

Os resultados da inativação dos protozoários estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da desinfecção de *Giardia spp* utilizando cloro.

Ensaio [C ; T]	<i>Giardia spp</i>	
	N/No	Inativação
Ensaio II - [10;10]	$8,2 \times 10^{-1}$	0,09
Ensaio III - [20;10]	1	0
Ensaio IV - [10;20]	1	0
Ensaio V - [20;10]	$6,9 \times 10^{-1}$	0,16

Notas: [C;T]: [dosagem aplicada de cloro – mg/L; tempo de contato – min]; N: Porcentagem de cistos viáveis em determinado tipo de efluente; No: Porcentagem de cistos viáveis no esgoto bruto; Inativação: $-\log (N/No)$; nd: não detectada a presença de cistos,

Como se pode notar, a resistência de coliformes totais e *E. coli* é pequena diante da desinfecção causada pelo cloro, atingindo 100% de eficiência na inativação de *E. coli* em todos os ensaios e apenas nos ensaios IIIa, IIIb e V para coliformes totais. No ensaio IV, houve a menor inativação dos coliformes totais com 2,9 log. Sartori (2007) encontrou até 5 log de inativação para *E. coli* e coliformes temotolerantes com o mesmo tempo e concentração.

Da análise dos resultados obtidos da inativação de cistos de *Giardia spp* com cloro, conclui-se que foi pouco eficaz, obtendo-se no máximo 0,16 log de inativação (Ensaio V). Segundo Sartori (2007), para o mesmo tempo de contato e concentração, a desinfecção foi efetiva e obteve 0,44 log de inativação. Esta variação pode ser caracterizada pela diferença em fatores experimentais, assim como a caracterização físico-química da amostra analisada além de fatores específicos da cinética de inativação.

No ensaio de desinfecção com ultravioleta foi utilizada a dose de 2,5 Wh/m³. Os resultados estão apresentados na tabela 3, reunindo valores obtidos na inativação das bactérias *E. coli*

Tabela 3 – Resultado da inativação de bactérias, apenas por radiação ultravioleta

Ensaio	Coliformes Totais		<i>E. coli</i>	
	N/No	Inativação	N/No	Inativação
Ensaio I	1×10^{-3}	3,0	$2,5 \times 10^{-4}$	3,60
Ensaio II	$2,1 \times 10^{-5}$	4,67	< LD	> 4,30
Ensaio III	$6,8 \times 10^{-4}$	3,17	$1,9 \times 10^{-4}$	3,73
Ensaio IV	$3,2 \times 10^{-4}$	3,50	< LD	> 4,36
Ensaio V	$8,8 \times 10^{-4}$	3,06	$6,7 \times 10^{-4}$	3,18
Ensaio VI	$2,4 \times 10^{-4}$	3,62	$6,3 \times 10^{-5}$	4,20

Notas: No = nº de microrganismos no esgoto bruto de cada ensaio; N = nº de microrganismos após desinfecção; Inativação: $-\log (N/No)$; ld: limite de detecção.

Os resultados obtidos demonstram que a bactéria *E. coli* foi o microrganismo com menor resistência radiação ultravioleta com dose de 2,5 Wh/m³, atingindo nos ensaios II e IV a ser 100% inativado e nos outros, tendo uma inativação acima de 3,0 log. Os coliformes totais apresentaram inativação alta, sendo todas acima de 3,0 log. Os resultados são semelhantes aos obtidos por Lorenção (2009), Monaco (2006) e , Coletti (2003), assim como Dias (2001) que obteve 1 a 2 log adicionais para coliformes totais.

Os resultados apresentados na tabela 4 são referentes à inativação dos cistos de *Giardia spp*.

Tabela 4 – Resultados da inativação de *Giardia spp*, apenas por radiação ultravioleta

Ensaio	<i>Giardia spp</i>	
	N/No	Inativação
Ensaio II	$9,6 \times 10^{-1}$	0,016
Ensaio IV	1	0
Ensaio V	$7,1 \times 10^{-1}$	0,15
Ensaio VI	1,12	-0,05

Notas: N: porcentagem de cistos viáveis em determinado tipo de efluente; No: porcentagem de cistos viáveis no esgoto bruto; Inativação: $-\log (N/No)$; nd: não detectada a presença de cistos

Os ensaios de recuperação dos cistos de *Giardia* spp podem ter sido prejudicados pela discrepância das características físico-químicas do esgoto, podendo ser o motivo do valor negativo encontrado no Ensaio VI. Uma das explicações prováveis é a possível influência da sensibilidade do método com iodeto de propídio, para inferir viabilidade dos cistos.

Sartori (2007) indica uma inativação de cistos de *Giardia* spp na ordem de 0,3 a 0,35 log para doses próxima a 2,5 Wh/m³. Os ensaios realizados neste projeto obtiveram inativações de no máximo 0,15 log, verificando a resistência maior dos cistos à radiação utilizada.

A inativação a partir da desinfecção sequencial de cloro – ultravioleta das bactérias coliformes totais e *E. coli*, e o protozoário, *Giardia* spp estão apresentados nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Resultados da inativação de bactérias por desinfecção sequencial cloro - ultravioleta

Ensaio [C ; T]	Coliformes totais		<i>E. coli</i>	
	N/No	Inativação	N/No	Inativação
Ensaio I – [10;10]	< ld	> 5,70	< ld	> 4,60
Ensaio II – [10;10]	< ld	> 5,15	< ld	> 4,30
Ensaio III a – [10;20]	< ld	> 4,95	< ld	> 4,43
Ensaio III b – [20;10]	< ld	> 4,95	< ld	> 4,43
Ensaio IV – [10;20]	2,4 x 10 ⁻⁴	3,6	< ld	> 4,36
Ensaio V – [20;10]	< ld	> 4,40	< ld	> 3,48

Notas: [C;T]: [dosagem aplicada de cloro – mg/L; tempo de contato – min]; N: Porcentagem de cistos viáveis em determinado tipo de efluente; No: Porcentagem de cistos viáveis no esgoto bruto; Inativação: -log (N/No); nd: não detectada a presença de cistos.

Com 100% de inativação da *E. coli* somente utilizando o desinfetante cloro, a mesma inativação foi obtida utilizando a desinfecção sequencial. Em relação aos coliformes totais, somente o ensaio IV não obteve 100% de inativação, obtendo o valor de 3,6 log.

Tabela 6 – Resultado da inativação de *Giardia* spp por desinfecção sequencial cloro - ultravioleta

Ensaio [C ; T]	<i>Giardia</i> spp	
	N/No	Inativação
Ensaio II - [10;10]	5,8 x 10 ⁻¹	0,23
Ensaio III - [20;10]	9,8 x 10 ⁻¹	0,01
Ensaio IV - [10;20]	8,2 x 10 ⁻¹	0,09
Ensaio V – [20;10]	6,7 x 10 ⁻¹	0,18

Notas: [C;T]: [dosagem aplicada de cloro – mg/L; tempo de contato – min]; N: Porcentagem de cistos viáveis em determinado tipo de efluente; No: Porcentagem de cistos viáveis no esgoto bruto; Inativação: -log (N/No); nd: não detectada a presença de cistos.

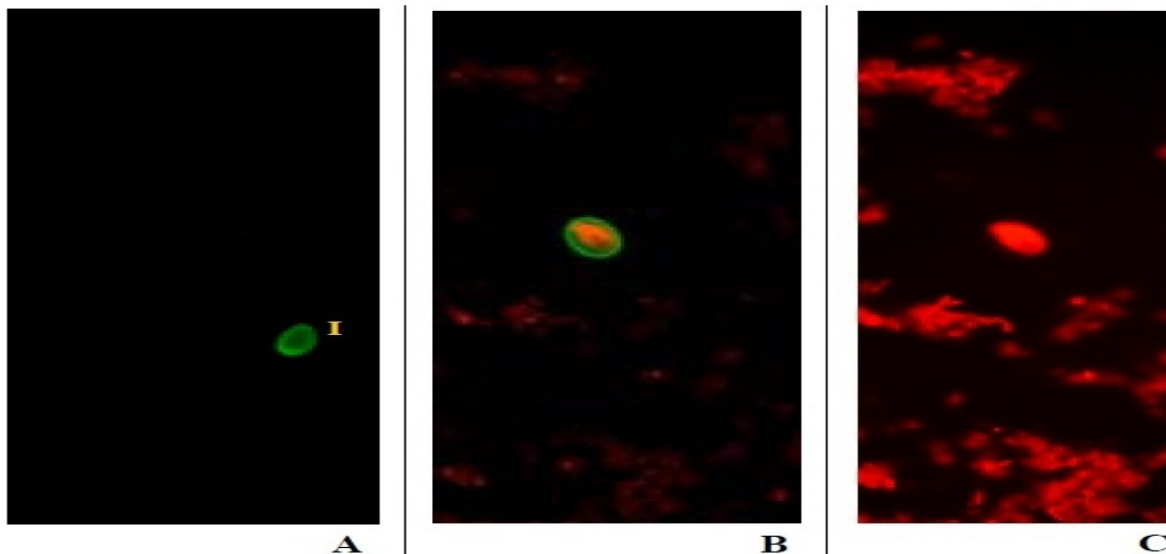
A inativação dos cistos de *Giardia* spp foi maior com a desinfecção sequencial no ensaio II, com concentração em 10 mg/L e tempo de 10 minutos, atingindo 0,23 log. O sinergismo ocorreu ao haver maior inativação no ensaio sequencial em relação à soma de inativação na aplicação dos desinfetantes separadamente. A tabela 7 apresenta em quais ensaios ocorreu sinergismo.

Tabela 7 – Sinergismo na desinfecção sequencial Cloro – Radiação UV

Microrganismo	Ensaio	Desinfecção Sequencial	Σ Inativação Individual	Inativação Sequencial	Sinergismo
<i>Giardia</i> spp	II	Cloro – UV	0,11	0,23	0,12
<i>Giardia</i> spp	IV	Cloro – UV	0	0,09	0,09

A ocorrência do sinergismo ocorreu principalmente para organismos mais resistentes, como os protozoários. As bactérias eram muitas vezes inativada somente com a aplicação de somente um desinfetante.

Na figura 1 estão representadas fotografias de cistos de *Giardia* spp. com as diferenças de coloração resultantes da aplicação de cloreto de propídio utilizado no teste de viabilidade.

**Figura 1: Leitura dos resultados**

A – Cistos de *Giardia* spp em amostra de esgoto efluente ao reator UASB.

B – Cisto de *Giardia* spp considerado inviável com PI, após desinfecção sequencial cloro-UV, utilizando luz UV.

C – Cisto de *Giardia* spp considerado inviável com PI, após desinfecção sequencial com cloro-UV, utilizando filtro de luz verde.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados conclui-se,:

- Variações da concentração de cloro residual livre no esgoto eram evidentes, principalmente para 10 mg/L. A medida que se aumentou a concentração aplicada de cloro, aumentou-se também a concentração de cloro combinado para todos os tempos estudados.
- A pequena quantidade de cistos identificados e até mesmo a ausência destes nas lâminas de leitura não permitiu uma conclusão mais efetiva a respeito da desinfecção sequencial. Isso pode ser devido à baixa recuperação existente e também a sensibilidade do iodeto de propídio para inferir a viabilidade.
- Os efeitos sinérgicos foram observados no organismo mais resistente, no caso, a *Giardia* spp., mas não nos organismos *E. coli* e coliformes totais por serem inativados abaixo do limite de quantificação com somente um desinfetante.
- Os organismos indicadores (*E. coli* e coliformes totais) não foram resistentes a desinfecção singular e muito menos a sequencial, diferentemente quanto a *Giardia* spp. , não podendo assim concluir sobre efeitos sinérgicos nas bactérias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF (2005). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington DC, USA.
2. BASTOS, R. K. X. et al., (2003). Organismos Patogênicos e Efeitos Sobre a Saúde Humana. In: Desinfecção de Efluentes Sanitários. PROSAB 3. Ricardo Franci Gonçalves (coordenador).
3. COLLETTI, F.J. (2003). Inativação de microorganismos indicadores presentes em efluentes secundário de esgoto sanitário com radiação ultravioleta. 239p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
4. DIAS, V.D. (2001). Radiação Ultravioleta e ozônio aplicados como métodos alternativos de desinfecção de efluentes secundários de esgoto sanitário. 150p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

5. JORDÃO, E.P. e PESSOA, A.C, (2007); Tratamento de Esgotos Domésticos. – 5ª Edição – Rio de Janeiro, 2009, 940 p.
6. LOURENÇÃO, J. (2009). Avaliação da resistência de microrganismos patogênicos à desinfecção sequencial com ozônio-radiação ultravioleta e cloro-radiação ultravioleta. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009.
7. McCUIN, R. M., CLANCY, J. L. (2005). Methods for the recovery, isolation and detection of *Cryptosporidium* oocysts in wastewater. Journal of Microbiological Methods.
8. MONACO, P.B. (2006). Inativação de Indicadores Patogênicos em Sistemas Combinados de Tratamento e Pré-Desinfecção de Esgoto Sanitário. Tese (Doutorado em Engenharia Civil na Área de Hidráulica e Saneamento). – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.
9. SARTORI, L. (2007). Avaliação da presença de microrganismos patogênicos no rio Monjolinho (SP) e a resistência aos desinfetantes combinados ozônio-radiação ultravioleta, ácido peracético-radiação ultravioleta e cloro-radiação ultravioleta. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.
10. SOUZA, J. B. (2000). Desinfecção de águas com cor e turbidez elevadas: comparação técnica de processos alternativos ao cloro empregando radiação ultravioleta e ácido peracético. *Dissertação (mestrado)*- Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo.