

CRYPTOSPORIDIUM E GIARDIA EM EFLUENTES BIOLÓGICAMENTE TRATADOS E DESINFETADOS

CRYPTOSPORIDIUM AND GIARDIA IN BIOLOGICALLY TREATED AND DISINFECTED EFFLUENTS

LUCIANA SOUSA CARDOSO

Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, bolsista CNPq, Recém-Doutor IPH-UFRGS

GERALDO A. DE CARLI

Doutor em Microbiologia, Depto de Bioquímica, PUC / RS

SÉRGIO JOÃO DE LUCA

Professor Titular IPH/UFRGS, Ph. D.

Recebido: 10/02/03 Aceito: 10/10/03

RESUMO

A ocorrência de protozoários patogênicos tem causado grande preocupação na área ambiental. Por esta razão, foi realizada uma avaliação da presença de *Cryptosporidium* e *Giardia* sp. em efluentes biologicamente tratados, antes e após a desinfecção com hipoclorito de sódio. O delineamento experimental contou com efluentes de quatro ETEs, três tempos de detenção para a desinfecção e duas concentrações de HOCl. A densidade média de *Cryptosporidium*, 1042 oocistos/100L, foi superior à média de *Giardia*, 431 cistos/100L, em todos os tratamentos testados. Uma maior amplitude de valores foi constatada nas amostras brutas quando comparadas com as desinfetadas. Não foram verificadas correlações (*r*-Pearson) significativas ($p < 0,05$) entre os protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia* com as variáveis turbidez, DQO e coliformes (totais e fecais). Os níveis de protozoários registrados, antes e após a desinfecção, mostram que as técnicas tradicionais de desinfecção natural (p. ex., lagoas de estabilização) foram ineficientes na proteção ambiental contra estes patógenos.

PALAVRAS-CHAVE: patógenos, efluentes, hipoclorito, *Cryptosporidium*, *Giardia*.

ABSTRACT

There is a great environmental concern about the effect of pathogenic protozoans. In this way, an investigation was done for the presence of Cryptosporidium and Giardia sp. in biologically treated municipal effluents, prior to and after sodium hypochlorite disinfection. The experimental set was made up with four different effluents, three detention times and two hypochlorite dosages. The average Cryptosporidium density was 1042 oocysts/100 L, superior to Giardia counts of 431 cysts/100 L. The sample density variation was greater in the prior to than in the disinfected effluents. No significant Pearson's correlations ($p < 0,05$) were found between the protozoans and turbidity, COD or total and fecal coliforms. The final levels of the pathogenic organisms, prior to and after disinfection, showed that natural treatment systems (e.g., lagoons systems) were not efficient to bring pathogens to safe environmental levels.

KEYWORDS: pathogens, effluent, hypochlorite, *Cryptosporidium*, *Giardia*.

INTRODUÇÃO

Cryptosporidium parvum é o patógeno humano dominante do gênero *Cryptosporidium*. *C. parvum* causa criptosporidiose que é caracterizada através de diarreia severa acompanhada por perda fluida, febre e dor abdominal. A transmissão ocorre pela rota fecal-oral por contaminação de nascentes, contaminação de alimentos *in natura* ou contato de pessoa para pessoa. Animais como gado podem eliminar um número grande de oocistos (a fase do ciclo de vida que é

excretado no ambiente) em águas superficiais (Harwood, 2001). Pessoas podem ser expostas a oocistos bebendo água, alimentos frescos, água de recreação, animais, solos, outras pessoas, ou alguma superfície que não tenha sido desinfetada após ser exposta a fezes, e sintomas de criptosporidiose podem variar de suave diarreia a diarreia incapacitante (Ozegin & Westerhoff, 1998).

Como um patógeno em evidência, *Cryptosporidium* possui implicações legais para autoridades de vigilância sanitária (saúde pública e água). *Cryptosporidium*

tem sido encontrado em fonte de águas não tratadas, causando substanciais surtos de graves doenças, onde métodos de tratamento e testes de água foram falhos para detectar ou removê-los. Dados mais recentes sugerem que mesmo doses baixas podem permitir infecção e doença na saúde de voluntários (Gostin et al., 2000).

Enquanto estudos epidemiológicos têm demonstrado que infecções por *Cryptosporidium* são mais comuns e amplas que previamente se pensava, o domínio de infecções com um dado ani-

mal ou populações humanas é difícil de determinar com algum grau de precisão. Muitos casos registrados têm sido limitados a hospedeiros individuais sofrendo severa doença clínica, o suficiente para ter garantida atenção médica ou veterinária. Embora a verdadeira extensão de infecções por *Cryptosporidium* permaneça conjectural, a importância como patógenos animais e humanos tem se tornado mais reconhecida através do número crescente e diversidade de casos clínicos registrados através do mundo (O'Donoghue, 1995).

Causas indiretas da transmissão podem ser devido à insuficiência de saneamento do esgoto ou estrume aplicado como fertilizante em lavouras (Ortega et al., 1997 apud Hoglund & Stenstrom, 1999). Oocistos de *Cryptosporidium* persistem tanto em produtos de efluentes quanto na água; sendo resistentes a desinfetantes, e a dose para infecção é baixa (Meinhardt et al., 1996 apud Hoglund & Stenstrom, 1999). Na Suécia, 32% de águas superficiais brutas contém oocistos de *C. parvum*. A frequência de amostras positivas foi aproximadamente duas vezes mais alta em águas superficiais de áreas agrícolas, e seis vezes mais alta em áreas com potencial impacto de efluentes, quando comparado com zonas de nascentes (Hansen & Stenstrom, 1998 apud Hoglund & Stenstrom, 1999).

Uma revisão do estado da epidemiologia de criptosporidiose e da taxonomia do gênero *Cryptosporidium* abrange morfometria, características genóticas e de especificidade do hospedeiro (estudado através de técnicas de biologia molecular). Os resultados desta revisão são usados para agrupar e diferenciar as espécies (Fayer et al., 2000 apud Harwood, 2001). Todas as três proposições são raramente usadas em qualquer estudo, resultando em uma compreensão incerta da contribuição das várias espécies do gênero *Cryptosporidium* para criptosporidiose em humanos.

Oocistos de *Cryptosporidium* são esféricos, aproximadamente 3 a 7 μm em diâmetro (2 a 6 μm Franco et al., 2001), e seriam removidos integralmente por filtração com membranas. Maioria dos cistos de *Giardia* são ovais na forma, variando de 8 a 14 μm em diâmetro. Estes oocistos e cistos de parede espessa são extremamente resistentes ao uso de desinfetantes comuns, tais como compostos de cloro e ozônio (Korich et al., 1990 apud HSU et al., 1999). Eles podem permanecer viáveis por vários meses na água entre 4 e 10°C (Medema et al., 1997 apud HSU et al., 1999). Cistos de *Giardia* são viáveis por vários meses em água fria (DE

Renier et al., 1989 apud Payment et al., 2001) e podem sobreviver de 28 a 56 dias, estando relacionado à temperatura, com mais longa sobrevivência em temperatura mais baixa.

Cloro e seus compostos são os desinfetantes mais amplamente aconselhados para esgotos municipais, por que destrói organismos alvo pela oxidação do material celular. Uma das vantagens é que é efetivo e serve contra um amplo espectro de organismos patogênicos (EPA, 1999), além de barato. *Cryptosporidium parvum* é resistente ao cloro e seus compostos. Venczel et al. (1997 apud Kuc & Ramirez, 1998) introduziram uma solução oxidante misturada para inativar este microorganismo, mostrando ser efetiva. Goodrich & Fox (1996 apud Kuc & Mou, 1997) revisaram sistemas de filtração que reduzem oocistos de *Cryptosporidium* e outras tecnologias de desinfecção, além do tratamento de cloração comumente usado, que não mata efetivamente oocistos de *Cryptosporidium*.

Embora consideráveis pesquisas têm sido direcionadas em aperfeiçoar metodologias de detecção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em água, substancialmente menos esforços têm sido dirigidos para estas técnicas em esgoto, especialmente no Brasil. Análise de esgoto para parasitas de significado para saúde pública, incluindo *Giardia* e *Cryptosporidium*, tem sido objeto de vários estudos através do mundo (Robertson et al., 2000).

Em função da elevada carência de estudos sobre estes patógenos no Brasil, o objetivo deste trabalho foi o de verificar a ocorrência de *Cryptosporidium* e *Giardia* em amostras de efluentes de diferentes tipos de operação de ETES da região metropolitana de Porto Alegre/RS, bem como avaliar também a sua ocorrência após a desinfecção com hipoclorito.

METODOLOGIA

Efluentes de quatro Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), Serraria, Sapucaia, Esmeralda e ERQA, foram utilizados para verificar a ocorrência de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*, em amostras brutas e tratadas por hipocloração, em estação piloto com tempo de detenção hidráulica de 30 minutos.

As características de operação de cada uma dessas ETES são: ETE Esmeralda/UASB – DMAE; ETE Serraria/Lagoas de Estabilização – DMAE; ETE Sapucaia do Sul/Lodos Ativados – CORSAN;

ERQA - ETE Campus da UFRGS/Reator Sequencial de Batelada – UFRGS/IPH.

As amostras foram coletadas de forma pontual, com uso de caminhão-tanque de 12 m³ em cada uma das ETES para a montagem das diversas etapas dos experimentos, com início em outubro de 2001 e término em julho de 2002. Os experimentos de desinfecção foram efetuados em estação piloto no laboratório de Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS, utilizando três tempos de detenção/retenção (testes em batelada): Td1 (110 min), Td2 (61 min) e Td3 (30 min). Para a desinfecção com 6mg/L de HOCl foram utilizados os tempos de detenção Td1 e Td2. O tempo de detenção Td3 foi empregado para 6mg/L e 13 mg/L de HOCl.

Desta forma o delineamento experimental foi o seguinte:

a) 4 ETES x 2 tipos de efluentes (bruto e tratado) x 3 tempos de detenção x 1 concentração hipoclorito (6 mg/L) = 24 amostras;

b) 4 ETES x 2 tipos de efluentes (bruto e tratado) x 1 tempo de detenção (Td3) x 1 concentração hipoclorito (13 mg/L) = 8 amostras.

Amostras brutas e tratadas foram filtradas (10L) em membranas de acetato de celulose (1 μm de abertura de poro e 47 mm de diâmetro), sendo posteriormente eluidas com solução tampão (250 mL) sob agitação até o desprendimento total do filtrado. A suspensão resultante da eluição foi concentrada sob centrifugação a frio (1000 rpm durante 15 min). O *pellet* final foi transportado para eppendorf, fixado com formol 10% e mantido na geladeira até o preparo das lâminas para microscopia óptica.

Para identificação/quantificação de oocistos de *Cryptosporidium*, um volume de 5 μL do *pellet* foi utilizado no esfregaço em cada lâmina poço. Duas lâminas foram montadas para cada amostra. A técnica de coloração empregada foi a safranina a quente (De Carli & Moura, 2001). Os valores encontrados foram expressos n^o oocistos/100L.

Para identificação/quantificação de cistos de *Giardia*, um volume de 5 μL do *pellet* foi utilizado no esfregaço em cada lâmina poço. Duas lâminas foram montadas para cada amostra. A técnica de coloração empregada foi iodo tricrômico (De Carli & Moura, 2001). Os valores encontrados foram transformados para n^o cistos/100L.

Análise de coliformes fecais e totais, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO) foram efetuadas nos

efluentes brutos e tratados, conforme métodos do Standard Methods (20^a ed., 1998) para serem utilizados em análise de correlação com os dados da quantificação dos protozoários patogênicos. Análises descritivas e de correlação também foram efetuadas com os dados quantitativos dos protozoários com relação à espécie (*Cryptosporidium* e *Giardia*), ao tipo de efluente (bruto e tratado), a forma de operação da ETE e ao tempo de detenção empregado. Teste t foi efetuado para verificar o grau de variação obtido nos resultados entre estes experimentos testados.

RESULTADOS

A densidade de *Cryptosporidium* (média 1042 oocistos/100L) foi superior a de *Giardia* (média 431 cistos/100L) em todos os tratamentos testados Figura 1.

Uma maior amplitude de valores foi constatada nas amostras brutas (B) quando comparadas com as tratadas (T) (Figura 1). O teste-t para amostras dependentes mostrou que essa diferença entre efluente bruto e tratado foi significativa somente para *Cryptosporidium* ($p < 0,03$). *Cryptosporidium* e *Giardia* também apresentaram diferença significativa com relação às amostras brutas de efluentes ($p < 0,01$).

Com relação as ETEs (Fig. 1), maior densidade média foi registrada na ETE Esmeralda (UASB) para *Cryptosporidium* (1330 oocistos/100L), embora o valor máximo tivesse sido registrado na ETE Sapucaia (LA) (7680 oocistos/100L). Contudo, para *Giardia*, a maior densidade média (742 cistos/100L) e o valor máximo (4800 cistos/100L) foram ambos registrados na ETE Sapucaia (LA). O teste t evidenciou diferença significativa entre as ETEs Sapucaia (LA) e ERQA (RSB) para as concentrações de *Giardia* ($p < 0,03$), bem como para a ETE Sapucaia (LA) entre as concentrações de *Cryptosporidium* e *Giardia* ($p = 0,01$).

Com relação aos tempos de detenção (TD), maior densidade foi observada no TD3 com 6 mg/L de hipoclorito. O teste t evidenciou diferença significativa entre os tempos de detenção TD1 (6mg/L) e TD3' (13 mg/L) para as concentrações de *Giardia* ($p < 0,03$), bem como para TD1 entre as concentrações de *Cryptosporidium* e *Giardia* ($p = 0,01$).

Não foram verificadas correlações (r -Pearson) significativas ($p < 0,05$) entre os protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia* com as variáveis turbidez, DQO e coliformes (totais e fecais).

DISCUSSÃO

Organismos indicadores foram usados durante décadas para avaliarem qualidade de água. Microorganismos patogênicos (vírus, bactérias e protozoários), associados a material fecal, podem infectar humanos via água ingerida ou simplesmente expostos à mesma. Como é inviável testar todos os possíveis patogênicos que poderiam estar presente na água, um organismo indicador, que sempre é encontrado em material fecal, poderia servir como um substituto para descoberta destes patogênicos. Por décadas agências de saúde pública nos EUA e em outros países têm usado organismos indicadores para avaliar e regular qualidade de água (Harwood, 2001). Tanto no Brasil como em nível mundial, coliformes (fecais e totais) são os bioindicadores de qualidade de água mais amplamente utilizados para finalidades de saneamento.

A presença de muitos patógenos derivados de fezes em água potável é indicada pela presença de *Escherichia coli* em maior ou menor extensão, mas a resistência ao cloro indica que *Cryptosporidium parvum* pode estar presente mesmo na ausência de outros organismos fecais (Fricker & Clancy, 1998). Os resultados de Craunet al. (1997 apud Froese & Kindzierski, 1998) sugeriram que coliformes são indicadores adequados para a presença potencial de bactérias e vírus em água potável, mas são inadequados como indicadores para protozoários aquáticos. *Cryptosporidium* pode estar presente em água clorada apesar da ausência de coliformes. O fato que coliformes foram detectados para somente 55,6% dos surtos com protozoários (versus 91,6% dos surtos com bactérias ou etiologia desconhecida) sugerem que o uso de coliformes como indicadores de contaminação por protozoários não é seguro (Kramer et al., 1996). Estes resultados concordam com o que foi verificado neste trabalho, pois embora o uso de hipoclorito tenha removido coliformes, o mesmo não ocorreu com relação a *Cryptosporidium* e *Giardia* (Figura 1). A diferença significativa entre amostras brutas e tratadas dos efluentes para *Cryptosporidium*, verificada através do teste-t ($p < 0,03$), não indicou a sua remoção do mesmo, mas sim que as médias obtidas nestes dois tipos de amostras foram estatisticamente diferentes entre si. Estudos comprovaram que o uso de desinfetantes químicos não foi eficiente na remoção destes microorganismos, poden-

do no máximo ocorrer a inativação dos mesmos (Ozekin & Westerhoff, 1998; Harwood, 2001). Entretanto, não é conhecido o tempo de sobrevivência dos oocistos no ambiente.

Como a maioria dos oocistos, cistos e remoção orgânica ocorreram nas lagoas primárias que recebem esgoto bruto, isto indicaria que, adsorção de oocistos e cistos com sólidos sedimentáveis seja, provavelmente, o principal mecanismo de remoção destes protozoários parasitas. A ocorrência e concentrações de cistos e oocistos detectados no efluente da lagoa em série decresceram sequencialmente, indicando que a remoção de oocistos e cistos é também relacionada ao efeito cumulativo do tempo de retenção hidráulico. Contudo, a remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. foi de 100% em todos sistemas de lagoas estudados, e cistos de *Giardia* spp. foram removidos de quase todos os sistemas (exceto um), com um período médio de retenção de 21,9 dias. Os resultados sugerem que o período mínimo de retenção de 37,3 dias é necessário para garantir a completa remoção de oocistos e cistos (Grimanson et al., 1993). Embora a coleta efetuada na lagoa de estabilização da Serraria tivesse sido pontual, não analisando a distribuição espaço-temporal, uma maior densidade geral de oocistos foi verificada em todos os tratamentos testados quando comparada com os outros tipos de operação das ETEs (Figura 1).

Remoção de cistos de *Giardia* através de tratamento de esgoto pode ser estimada a ser 60-90% em ETEs com processos primário e secundário, e pode variar de <10% até 90% para oocistos de *Cryptosporidium*. Fatores que afetam a remoção de parasitas incluem propriedades dos próprios parasitas, os tratamentos de esgoto e interações entre parasitas e tratamentos. Fatores que contribuem para uma maior eficiência de remoção de cistos de *Giardia* que oocistos de *Cryptosporidium* nas ETEs deste estudo na Escócia já têm sido identificados. A ETE com a mais alta eficiência de remoção de *Giardia* também foi a que obteve mais alta eficiência de remoção de *Cryptosporidium*. Contudo, a ETE com a segunda mais alta eficiência de remoção de *Giardia*, tinha obtido a mais baixa eficiência de remoção para *Cryptosporidium* (Robertson et al., 2000). Eficiência de remoção nos tratamentos testados (Figura 1) não foi verificada, pois uma nítida correlação entre amostras brutas e tratadas foi constatada, mostrando que hipoclorito não foi eficaz com relação a estes patógenos.

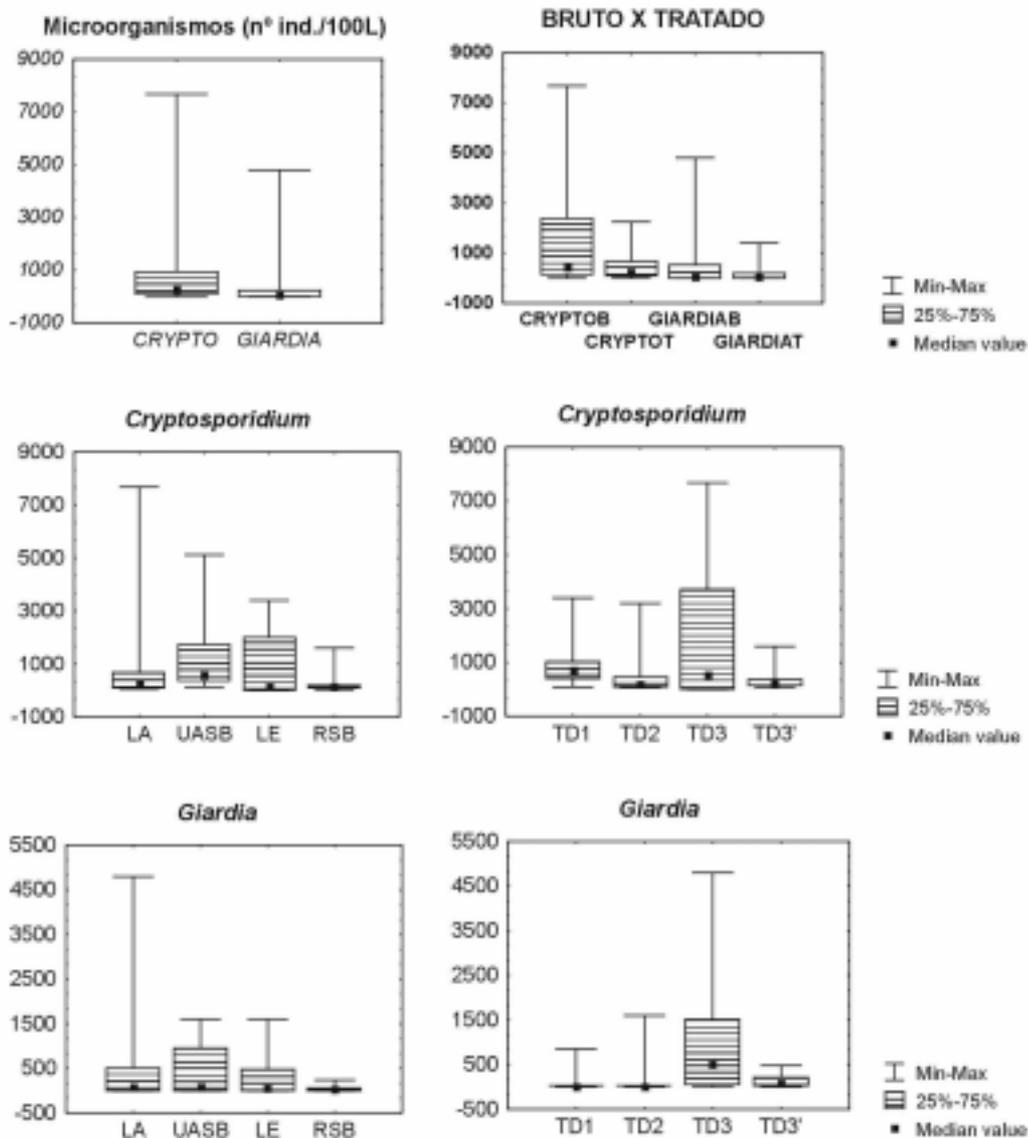


Figura 1– *Cryptosporidium* (n°oocistos/100L) e *Giardia* (n°cistos/100L) nos experimentos com hipoclorito (CRYPTO = *Cryptosporidium*, B = efluente bruto, T = efluente tratado, LA = Lodo Ativado, UASB = Digestor Anaeróbico, LE = Lagoa de Estabilização, RSB = Reator Sequencial em Batelada, TD1 = 110 min, TD2 = 61 min, TD3 = 30 min e 6 mg/L HOCl, TD3' = 30 min e 13 mg/L HOCl)

Tratamento com lodo ativado por 2,8h foi considerado a ter mais alta eficiência de remoção de oocistos, com 92%. Este resultado foi consideravelmente maior que a remoção medida durante a secagem do lodo nos filtros prensa (3,5h; 56%) e biodiscos (4,5h; 44%). Também tem sido registrado que simulação em laboratório de tratamento de lodo ativado tinha eficiência de remoção de oocistos de *C. parvum* de 80-84% (Villa Corta-Martinez de Maturana et al., 1992 apud Robertson et al., 2000). Como as características físico-químicas e biológicas dos efluentes variam amplamente em uma escala tempo-

ral, uma comparação mais aprofundada entre os tempos de detenção testados não pôde ser efetuada. Isto por que, para cada experimento montado com um tempo de detenção específico, amostras de efluentes da mesma ETE foram coletadas em épocas (meses) diferentes. Assim, parece que a característica sazonal do efluente teve uma parcela maior de contribuição para a verificação de uma maior densidade de ambos patógenos nos experimentos com tempo de detenção de 30 min (Td3) e 6 mg/L de HOCl. Isto por que os efluentes destas ETEs foram amostrados no final do verão, período normal-

mente mais seco do ano no sul do Brasil, influenciando diretamente na maior concentração.

Como *Cryptosporidium* é altamente resistente a desinfetantes químicos tipicamente usados em água potável, a remoção física do parasita por filtração é um importante componente no processo de tratamento de água municipal. Para ser efetiva na remoção de oocistos, a filtração rápida granular deve ser precedida por coagulação química e tratamento otimizado para remover partículas. Mesmo quando feita adequadamente, a filtração rápida não pode garantir remoção

de todos oocistos (Kramer et al., 1996). Desta forma, a remoção destes protozoários somente se daria por um processo físico (filtração) para remoção de pequenas partículas (1µm), utilizando uma série de filtros, caso o objetivo seja de fato a remoção dos mesmos e não simplesmente a inativação. No caso da inativação, uma outra série de estudos vem sendo efetuada em nível mundial, como o uso de ozônio (Carlson & Amy 2001; Cotton et al., 2001), UV (Cotton N et al., 2001), dióxido de cloro (Korich et al., 1990 e Li et al., 1998 apud Cotton et al., 2001), combinação com ozônio/cloro livre ou ozônio/cloro combinados (Li et al., 2001; Corona Vasquez 2002).

A remoção de protozoários tem sido associada à redução nos valores de alguns parâmetros físicos e químicos. Tratamento primário de efluentes geralmente envolve sedimentação e detenção por curtos períodos de tempo. Isto pode remover aproximadamente metade dos SS e DBO. Ovos de grandes parasitas são removidos e inativados (reunidos no lodo) muito eficientemente por este tratamento, tanto por choque osmótico quanto por sedimentação. Parasitas menores, tais como protozoários, não são removidos muito eficientemente; eles são mais leves e requerem períodos de tratamento mais longo para sedimentação eficiente (Payment et al., 2001). Uma correlação da eficiência de remoção com dados de SS e DBO revelou que a ETE com a mais baixa eficiência de remoção calculada para cistos de *Giardia* também tinha o efeito mínimo na redução de SS e DBO. Contudo, a ETE que foi mais eficiente na remoção dos parasitas não tinha uma redução significativamente maior em SS e DBO que as outras. Isto sugere que, apesar destes fatores que são importantes na redução de SS, DBO e dos parasitas, outros fatores não identificados podem também ser significativos (Robertson et al., 2000). Turbidez, a medida mais fácil de comparação, foi também o indicador mais conservativo da remoção total de *Cryptosporidium* (Dugan et al., 2001). Hirata & Hashimoto (1997 apud Robertson et al., 2000) comparou concentrações de *Giardia* e *Cryptosporidium* em esgoto com vários parâmetros, incluindo concentrações de outros organismos e turbidez. Apesar deles demonstrarem correlação entre a concentração dos parasitas e uma gama de fatores, a remoção de outros micróbios não esteve correlacionada com a remoção de cistos de *Giardia*. Contudo, eles demonstraram correlação na redução da turbidez e remoção de cistos

entre afluente e efluente. Na Portaria 1469 do Ministério da Saúde, de 29 dezembro de 2000 no Brasil, isso também está subentendido, onde a redução na turbidez implicaria na remoção destes patógenos entre outros. Os resultados obtidos neste trabalho não verificaram nenhuma correlação significativa ($p < 0,05$) entre a densidade de oocistos e cistos com dados de turbidez, DQO e coliformes (totais e fecais). Desta forma, estudos sobre a viabilidade destes oocistos deveriam ser uma meta prioritária antes que a simples detecção dos mesmos nas amostras, tanto de águas brutas, tratadas ou mesmo de efluentes.

Estudos sobre a detecção destes protozoários patógenos em efluentes vêm sendo realizados (Grimanson et al., 1993; Chauret et al., 1999; Robertson et al., 2000; Medema & Schijven, 2001; vários trabalhos citados em Payment et al., 2001).

No Brasil, praticamente não existem dados sobre a ocorrência desses protozoários nos efluentes de esgoto. Vieira et al. (2000) verificaram a ocorrência de *Cryptosporidium* e *Giardia* nos esgotos sanitários da bacia do Ribeirão Arrudas (Belo Horizonte-MG). Foram encontrados oocistos de *Cryptosporidium* na ordem de 10^2 a $10^4/L$ e cistos de *Giardia* na faixa de 10^3 a $10^5/L$. O número de cistos de *Giardia* recuperado pela metodologia de floculação variou de $3,0 \times 10^3$ a $1,8 \times 10^5/L$, enquanto que pela metodologia da centrifugação de $1,4 \times 10^3$ a $2,2 \times 10^5/L$. Por outro lado, o número de oocistos de *Cryptosporidium* variou de $2,9 \times 10^2$ a $1,3 \times 10^4/L$ e $3,0 \times 10^2$ a $1,1 \times 10^4/L$, respectivamente nas metodologias usadas. Portanto, as taxas de recuperação de cistos e oocistos dos protozoários, por qualquer das metodologias testadas, apresentaram índices muito semelhantes. Estes níveis de oocistos e cistos encontrados por Vieira et al. (op cit.) foram compatíveis com os resultados obtidos por Robertson et al. (1995) em seis afluentes de estações de tratamento de esgoto na Escócia. Não houve correlação nem da presença dos indicadores bacterianos nem da turbidez com a ocorrência dos protozoários. Padrão de variação diário e semanal não foi observado, somente o de variação sazonal, onde no período chuvoso as médias diárias apresentaram redução acentuada (Vieira et al., 2000). Embora correlações com estas variáveis também não tivessem sido obtidas, os valores tanto para oocistos como cistos foram superiores aos registrados neste estudo, onde valores na ordem máxima de 10^1 foram obtidos por litro de efluente (Figura 1).

A determinação da viabilidade de oocistos tem se tornado um tópico de interesse em anos recentes e muitos esforços têm sido feitos em desenvolver experimentos de viabilidade. Em amostras ambientais, oocistos "vazios" ou tecas são vistos freqüentemente, porém sem nenhum significado em termos de saúde. Contudo, se estas tecas são vistas em água potável então significa que tenham passado através do processo de tratamento e assim, se oocistos viáveis estavam presentes, podem ter passado através deste processo. Também, a avaliação de risco para a saúde pública da contaminação em água potável por estes protozoários e programas de proteção deveriam ser uma meta a ser fortemente desenvolvida, visto que a Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde de 29 dezembro de 2000 já aponta para esta questão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados servem de alerta para as Companhias de Abastecimento e Saneamento que estes patógenos têm sido encontrados de fato nos efluentes analisados. Portanto, apesar de avanços em tecnologia de desinfecção, mais pesquisa e métodos de tratamento novos são ainda necessários, pois a desinfecção não inativa ou remove aqueles protozoários. Deveria haver uma melhor compreensão dos processos de tratamento para microorganismos e processos envolvidos no risco de perpetuar o crescimento destes microorganismos. A segurança no reuso de efluentes está se tornando uma tarefa cada vez mais difícil, especialmente quando fornecedores de água reconhecem que seus suprimentos estão contaminados com patógenos difíceis de detectar e inativar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARLSON, K.H. & AMY, G.L. Ozone and biofiltration optimization for multiple objectives. *Journal AWWA*, p. 88-98. 2001.
- CHAURET, C., SPRINGTHORPE, S. & SATTAR, S. Fate of *Cryptosporidium* oocysts, *Giardia* cysts, and microbial indicators during wastewater treatment and anaerobic sludge digestion. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 45, n. 3, p. 257-62. 1999.
- CORONA-VASQUEZ, B., et al. Sequential inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts with chlorine dioxide followed by free chlorine or monochloramine. *Water Research*, v. 36, n. 1, p. 178-88. 2002.
- COTTON, C.A., et al. UV disinfection costs for inactivating *Cryptosporidium*. *Journal AWWA*, p. 82-94. 2001.

for inactivating *Cryptosporidium*. *Journal AWWA*, p. 82-94. 2001.

De CARLI, G. A. & MOURA, H. 2001. Métodos de coloração para coccídios intestinais. In: De CARLI, G. A. *Parasitologia Clínica*. São Paulo: Atheneu, cap. 10, p.223-263.

EPA. *Wastewater technology fact sheet chlorine disinfection*. Nº 832-F-99-062. 1999.

FRANCO, R.M.B., ROCHA-EBERHARDT, R. & CANTUSIO, R. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in raw water from the Atibaia River, Campinas, Brazil. *Revista do Instituto de medicina Tropical de São Paulo*, v. 43, n. 2, p. 109-111. 2001.

FRICKER, C. & CLANCY, J.L. Crypto's protocol prospects. *Water Quality International*, p. 11-5, May. 1998.

FROESE, K.L. & KINDZIERSKI, W.B. Health effects associated with wastewater treatment, disposal, and reuse. *Water Environment Research*, v. 70, n. 4, p. 962-7. 1998.

GOSTIN, L.O., et al. Water quality laws and waterborne diseases: *Cryptosporidium* and other emerging pathogens. *American Journal of Public Health*, v. 90, n. 6, p. 847-53. 2000.

GRIMASON, A.M., et al. Occurrence and removal of *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardia* spp. cysts in Kenyan waste stabilisation ponds. *Water Science and Technology*, v. 27, n. 3-4, p. 97-104. 1993.

HARWOOD, V. J. Detection and occurrence of indicator organisms and pathogens. *Water Environment Research*, v. 73, n. 5, 2001.

HOGLUND, C.E., & STENSTROM, T.A.B. Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts in source separated human urine. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 45, n. 9, p. 740-6. 1999.

HSU, B-M., et al. Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in the Kau-Ping River and its watershed in southern Taiwan. *Water Research*, v. 33, n. 11, p. 2701-7. 1999.

KRAMER, M.H., et al. Waterborne disease: 1993 e 1994. *Journal AWWA*, p. 66-80. 1996.

KUO, J-F & MOU, L. Disinfection and antimicrobial processes. *Water Environment Research*, v. 69, n. 4, p. 526-34. 1997.

KUO, J-F & RAMIREZ, C.A. Disinfection and antimicrobial processes. *Water Environment Research*, v. 70, n. 4, p. 551-7p. 1998.

KUO, J-F & VALDERRAMA, E. Disinfection and antimicrobial processes. *Water Environment Research*, v. 73, n. 5, 26p. 2001.

LI, H., et al. Sequential inactivation of *Cryptosporidium parvum* using ozone and chlorine. *Water Research*, v. 35, n. 18, p. 4339-48. 2001.

LIYANAGE, L.R.J., FINCH, G.R. & BELOSEVIC, M. Effect of aqueous chlorine and oxychlorine compounds on *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Environmental Science & Technology*, v. 31, n. 7, p. 1992-4. 1997.

O'DONOGHUE, P.J. *Cryptosporidium* and Cryptosporidiosis in man and animals. *International Journal for Parasitology*, v. 25, n. 2, p. 139-95. 1995.

OZEKIN, K. & WESTERHOFF, P. Bromate formaton under *Cryptosporidium* inactivation conditions. *Water Quality International*, p. 16-17, May. 1998.

PAYMENT, P., PLANTE, R., CEJKA, P. Removal of indicator bacteria, human enteric viruses, *Giardia* cysts, and *Cryptosporidium* oocysts at a large wastewater primary treatment facility. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 47, n. 3, p. 188-93. 2001.

ROBERTSON, L.J., et al. *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts at sewage treatment works in Scotland, UK. *Water Research*, v. 34, n. 8, p. 2310-22. 2000.

VIEIRA, M.B.C.M., et al. Verificação da ocorrência de cistos de *Giardia*, oocistos de *Cryptosporidium* e indicadores bacterianos nos esgotos sanitários da bacia do Ribeirão Arrudas, Belo Horizonte-MG. In: *IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2000, ABES, 2000.p. 2464-71.

Endereço para correspondência:

Sérgio João de Luca
IPH/FRGS
Rua Marques de Pombal, 327/901
CEP: 90540-001
Porto Alegre - RS
Tel.: (51) 3316-6680
Fax: (51) 3316-6565
E-mail: dlk@vortex.ufrgs.br

engenharia sanitária e ambiental

Agora também na versão on-line, acesse:

www.abes-dn.org.br

Indexada na REPIDISCA - Red Panamericana de Informaciones en Salud Ambiental
Home Page - <http://www.cepis.org.pe>