



## **Avaliação do comportamento de colifagos em relação a parâmetros de qualidade monitorados em Estações de Tratamento de Esgotos**

**Maria Cristina de Almeida Silva<sup>1</sup>, Luis Alcides Schiavo Miranda<sup>2</sup>**

**Luiz Olinto Monteggia<sup>3</sup> Márcia Regina Thewes<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>IPH/UFRGS ([mariacristinaas@yahoo.com.br](mailto:mariacristinaas@yahoo.com.br))

<sup>2</sup>PPG em Engenharia Civil/UNISINOS ([lalcides@unisinov.br](mailto:lalcides@unisinov.br))

<sup>3</sup>IPH/UFRGS ([montegia@iph.ufrgs.br](mailto:montegia@iph.ufrgs.br))

<sup>4</sup>DVP/DMAE ([marciart@dmae.prefpoa.com.br](mailto:marciart@dmae.prefpoa.com.br))

### **Resumo**

Uma grande quantidade de microrganismos, patogênicos ou não, são encontrados nos esgotos domésticos e, mesmo após passagem por tratamento em Estações de Tratamento de Esgotos, são descarregados em corpos hídricos. A contaminação da água, pela presença de bactérias e vírus patogênicos, traz consequências indesejáveis, principalmente relacionados à saúde pública. Foi proposto, no presente trabalho, o estudo do comportamento de colifagos em relação a parâmetros já analisados nas ETEs, previstos em lei, como coliformes fecais e totais, DBO, turbidez e sólidos suspensos, buscando correlações, já que se acredita que esses contribuam para uma maior retenção e manutenção de vírus em esgotos. De acordo com os resultados obtidos, concluímos que é necessário o controle permanente destas partículas virais no ambiente, visto que não existem correlações entre estes e os parâmetros de qualidade atualmente analisados em ETEs. O monitoramento de colifagos, como indicadores de contaminação viral, em esgotos sanitários tratados e lançados em corpos hídricos é uma alternativa rápida, simples e de baixo custo para assegurar a saúde e o bem-estar da população.

Palavras-chave: esgoto sanitário, indicador microbiológico, bactérias coliformes, colifagos, tratamento de esgoto

Área Temática: Águas residuárias

### **Abstract**

*A high amount of microorganisms, pathogenic or not, are found in domestic wastewater, and even after passing through treatment stations, are discharged into water bodies. Contamination of water by the presence of pathogenic bacteria and viruses, brings undesirable consequences, especially for public health. It was proposed in this work to show the study of the behavior of coliphages (viruses that infect coliform bacteria) in relation to the parameters which already discussed the Wastewater Treatment provided by law, such as fecal coliforms, BOD, turbidity and suspended solids. In addition, we searched for correlations, since it is believed that these contribute to a greater retention and maintenance of virus in sewage. According to the results, we conclude that it is necessary to a permanent control of viral particles in the environment, since there are no correlations between them and the quality parameters are currently analyzed on Wastewater Treatment Systems. Monitoring of coliphages as indicators of viral contamination in sewage treated and released in water bodies is an alternative simple, fast and low cost to ensure the health and welfare of the population.*

*Key words: Domestic sewage, microbiological indicator, coliform bacteria, coliphages, sewage treatment*

*Theme Area: Wastewater*



### 1 Introdução

Uma grande quantidade de microrganismos, patogênicos ou não, são encontrados nos esgotos domésticos e, mesmo se submetidos a tratamento em Estações de Tratamento de Esgotos, são descarregados em corpos hídricos. A contaminação da água, pela presença de bactérias e vírus patogênicos, traz consequências indesejáveis, principalmente relacionados à saúde pública. As doenças de veiculação hídrica são causadas, principalmente, por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes (GRABOW, 1996 *apud* AMARAL ET AL., 2003).

Os organismos indicadores correntemente utilizados são as bactérias coliformes, adotados como referência para determinar e medir a grandeza da contaminação, por estarem sempre presentes no excremento humano (SILVEIRA, 2004). Contudo, pesquisas comprovam a maior resistência dos vírus, em relação aos coliformes, às condições ambientais adversas e aos processos de tratamento de esgotos (TAVARES, CARDOSO E BRITO, 2005; BOFILL-MAS ET AL., 2006). Por isso, estudos que avaliem o comportamento de vírus frente a parâmetros físico-químicos e microbiológicos, atualmente monitorados em Estações de Tratamento de Esgotos, são de extrema importância. Colifago, vírus que infecta bactérias do grupo coliforme, tem sido indicado como possível modelo do comportamento de enterovírus em esgotos sanitários, pelas suas semelhanças morfológicas e estruturais, bem como concentrações semelhantes em águas de esgoto e fezes. A vantagem da utilização dos colifagos, como indicadores de poluição fecal, é que a sua análise requer uma metodologia mais simples, rápida e econômica (PEDROSO ET AL., 2003; SOBSEY ET AL., 2005).

A utilização de coliformes totais e fecais como indicadores de contaminação fecal não garante a completa ausência de outros organismos, já que foram registrados casos de enfermidades entéricas por consumo de água na qual não se haviam tais bactérias. Os indicadores bacterianos não determinam a presença de contaminação viral entérica e, entre eles, não existe nenhuma correlação quantitativa significativa (TAVARES, CARDOSO E BRITO, 2005). Estudos têm sugerido a utilização de vírus como indicadores da eficácia do processo de remoção microbiana em plantas de tratamento durante a potabilização da água. Também, o monitoramento destes em ETEs é de extrema importância, pois o efluente destes sistemas, rico em microrganismos, é lançado em corpos hídricos, podendo entrar em contato com a população, de maneira direta ou indireta. Essa preocupação referente à incorporação de partículas virais às águas se deve à capacidade desses serem mais resistentes ao processo de tratamento da água do que as bactérias indicadoras convencionais (PAYMENT E FRANCO, 1993).

Autoridades governamentais européias incluíram, nos padrões microbiológicos utilizados na avaliação da qualidade da água, a pesquisa de enterovírus como indicadores virológicos, além dos indicadores bacterianos. No Brasil, a portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde faz referência à necessidade da inclusão desses vírus como parâmetros de avaliação virológica da água e, segundo pesquisas realizadas, sabe-se que enterovírus podem ser considerados importantes indicadores de contaminação ambiental e fecal de origem humana e animal. No entanto, nenhuma portaria ou legislação foi ainda elaborada no país preconizando a pesquisa de vírus como indicadores em amostras de água, de acordo com a revisão feita por Tavares, Cardoso e Brito (2005). Devido a isso, as informações sobre a presença destes em águas e efluentes tratados são ainda insuficientes. Porém, sabe-se que o acúmulo de informações sobre a concentração e o destino destes vírus no ambiente é de suma importância para direcionar os estudos epidemiológicos a partir do monitoramento e caracterização destes organismos (MIRANDA ET AL., 2007).



Colifagos podem indicar a presença de contaminação fecal e de vírus entéricos humanos. Esse resultado pode incentivar os órgãos competentes a determinar colifagos como candidatos a serem indicadores da qualidade virológica de águas potáveis e outros usos. A identificação destes em águas potáveis é um indicativo de sua resistência aos processos convencionais de tratamento, colocando-os, também, como indicadores potenciais da eficiência do tratamento da água (PEDROSO ET AL., 2003). Por isso, estudos comprovando a existência de correlação entre vírus entéricos e colifagos, verificando como estes se comportam em efluentes com diferentes condições também são de extrema importância. O monitoramento deste microrganismo em conjunto com indicadores bacteriológicos asseguraria e garantiria o bem-estar e a saúde da população.

No presente trabalho, foi proposto o estudo do comportamento de colifagos em relação a parâmetros já analisados nas ETEs e previstos em lei, como coliformes fecais e totais e sólidos totais. Avaliou-se, também, a remoção de organismos patogênicos pela análise de coliformes e de colifagos, em efluentes domésticos tratados por diferentes bioprocessos (Lodos Ativados e Reator UASB).

## 2 Metodologia

### *Unidades experimentais e em escala real*

O estudo foi conduzido com amostras coletadas na Estação de Tratamento de Esgotos São João Navegantes, do Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), em Porto Alegre. Foram coletadas amostras do afluente bruto e efluente tratado pela ETE, baseado no processo de Lodos Ativados, e pela unidade experimental do IPH/UFRGS, composta de um reator anaeróbio, tipo UASB, com volume de 18,3 m<sup>3</sup>, operando com um tempo de detenção hidráulico (TDH) de 12 horas, e uma lagoa de maturação com volume de 300 m<sup>3</sup>, operando com TDH de 10 dias. As setas na figura indicam os pontos de coletas das amostras.

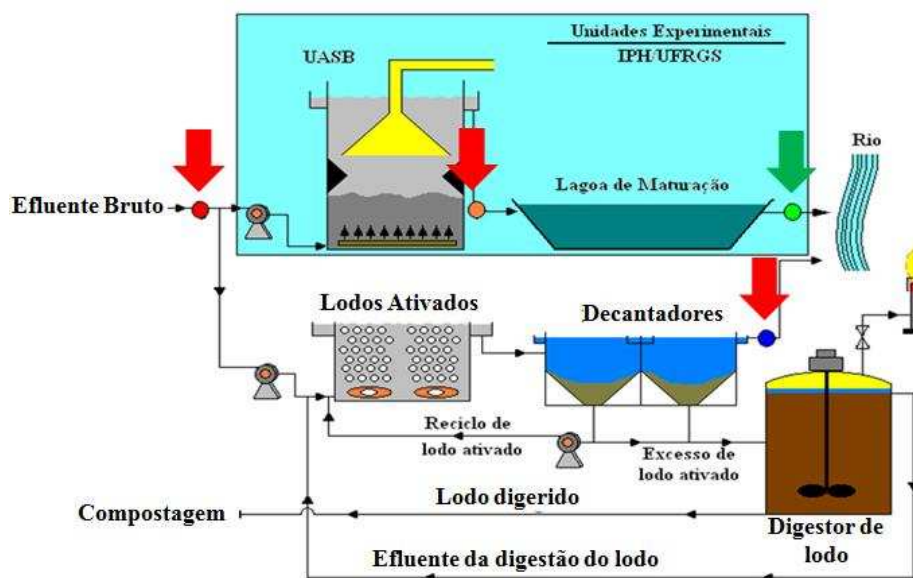


Figura 1. Fluxograma geral da ETE São João Navegantes (DMAE) e das unidades experimentais do IPH/UFRGS. Porto Alegre 2006.

A lagoa de estabilização foi desativada prematuramente, devido a problemas operacionais e hidráulicos, impedindo que uma análise criteriosa dos dados do efluente fosse realizada.



### Coleta de amostras

As amostras foram coletadas semanalmente, durante o período de junho de 2006 a julho de 2007. Foram analisados o afluente bruto, o efluente do Reator UASB e o efluente do processo de Lodos Ativados, conforme os pontos de coleta identificados no fluxograma da figura 1. As análises laboratoriais foram realizadas imediatamente após a coleta das amostras.

### Procedimentos analíticos

Os parâmetros físicos e químicos foram realizadas de acordo com APHA, 2005. A quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizada através da técnica de adição de substrato enzimático utilizando o reagente Colilert®, no Laboratório de Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS, conforme APHA, 2005. A análise do número de colifagos foi realizada no laboratório de microbiologia da Divisão de pesquisa do DMAE, conforme a técnica 9224, segundo APHA, 2005.

### Análise estatística dos dados

Para verificar a existência de correlação entre os resultados foi aplicada a análise de correlação de Pearson, aonde a medida do grau e o sinal da correlação linear são dados pela covariância entre duas variáveis. Também foram traçadas linhas de tendência para verificação do comportamento dos microrganismos no afluente bruto e nos dois bioprocessos em questão.

## 3 Resultados e Discussões

Os resultados aqui apresentados contemplam um total de 99 amostras, coletadas entre junho de 2006 e julho de 2007. Das 99 amostras, 33 são referentes ao efluente bruto, 33 são referentes ao efluente do reator UASB e 33 são referentes ao efluente dos lodos ativados.

No afluente bruto observaram-se valores elevados na quantidade de matéria orgânica, turbidez e sólidos totais. Este efluente apresentou, também, uma elevada quantidade de microrganismos, tanto coliformes como vírus. Os referidos valores nas quantidades de parâmetros físico-químicos apresentaram uma diminuição ao decorrer dos bioprocessos de tratamento. Observou-se, também, um decréscimo na quantidade de microrganismos presentes (Figura 2), principalmente no processo de lodos ativados, cerca de duas unidades logarítmicas. No entanto, a diminuição na quantidade de microrganismos ainda é insuficiente para garantir a qualidade higiênico-sanitária do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos. Assim, uma carga significativa de microrganismos é lançada nos corpos hídricos, o que pode ser prejudicial à biota natural e à população que eventualmente possa entrar em contato com esse manancial.

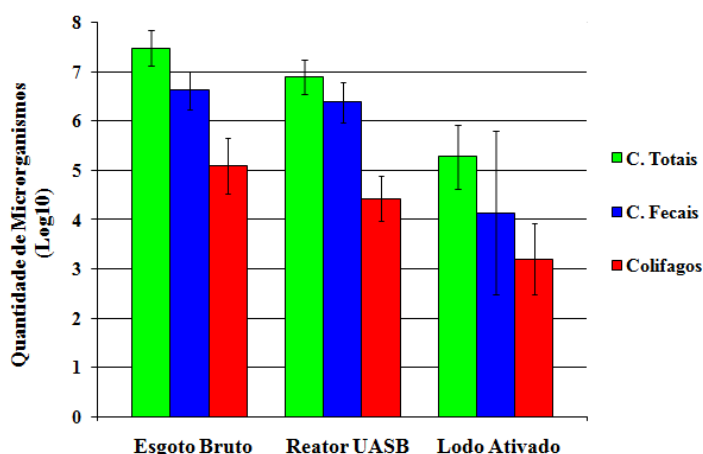


Figura 2: Comportamento de Coliformes Totais, *Escherichia coli* e Colifagos no efluente bruto e nos efluentes do reator UASB e dos lodos ativados, no período de junho de 2006 a junho de 2007.



A partir das análises microbiológicas e estatísticas realizadas, foram realizados os testes de correlação de Pearson e foram traçadas linhas de tendência, para visualização e determinação do comportamento dos microrganismos. Cabe salientar que a correlação varia de -1 a 1 e que os valores mais próximos aos extremos são os que apresentam maior correlação, podendo ser positivas ou negativas. Correlações negativas significam que o aumento de uma população implica na diminuição da outra e, correlação positiva as duas populações aumentam juntas.

De acordo com Tavares et al. (2005), é esperado que não haja correlação quantitativa significativa entre vírus e indicadores bacterianos do grupo coliforme. Os baixos coeficientes de correlação de Pearson obtidos (Tabela 1) apontam uma independência em relação ao comportamento de coliformes e de colifagos. A mesma independência pode ser visualizada nas figuras 3, 4 e 5, correspondentes ao efluente bruto, efluente do reator UASB e efluente dos lodos ativados, respectivamente. A população de Coliformes Totais e *Escherichia coli* seguem a mesma tendência, ao contrário da população de colifagos, tanto em Esgoto Bruto, efluente do reator UASB e efluente do Lodo Ativado.

Tabela 1: Análise de Correlação de Pearson entre Colifagos, *E. coli*, coliformes totais, no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS, e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007. (\*\*) significante ao nível de 1%.

	Colifagos x <i>E. coli</i>	Colifagos x Coliformes Totais
Esgoto Bruto	0,442(**)	0,002
Reator UASB	0,237	0,266
Lodos Ativados	-0,095	0,160

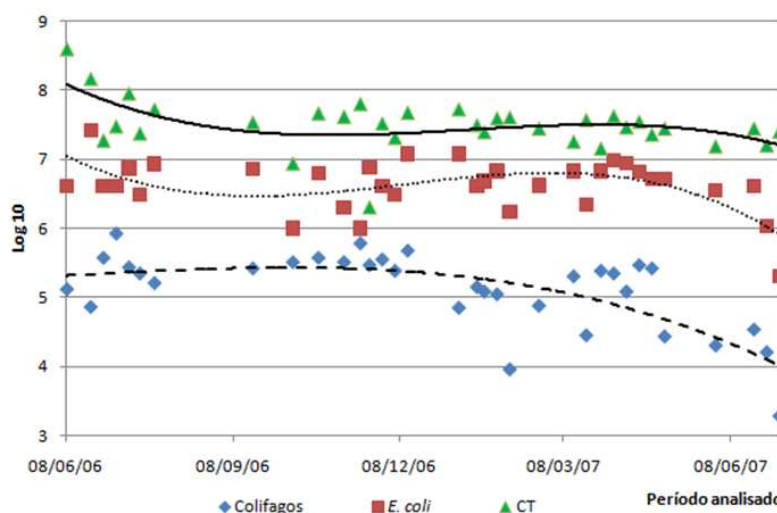


Figura 3: Linhas de Tendência do comportamento dos microrganismos analisados: Colifagos, *E. coli* e Coliformes Totais, no afluente bruto, no período analisado.



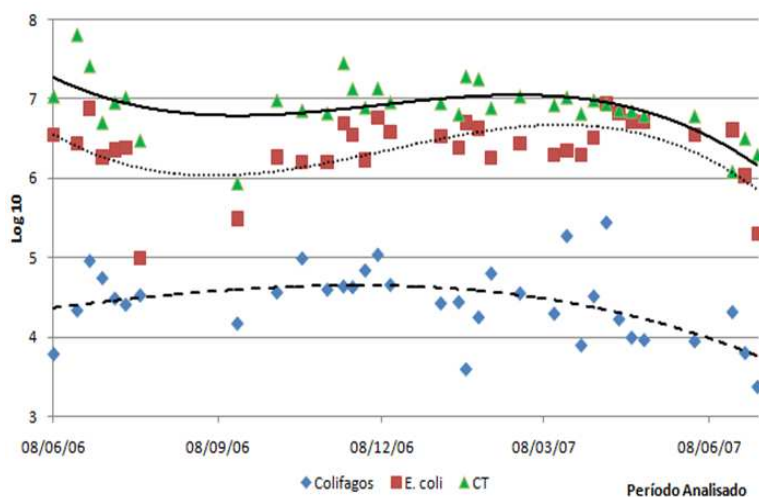


Figura 4: Linhas de Tendência do comportamento dos microrganismos analisados: Colifagos, *E. coli* e Coliformes Totais, no efluente do reator UASB, no período de junho de 2006 à julho de 2007.



Figura 5: Linhas de Tendência do comportamento dos microrganismos analisados: Colifagos, *E. coli* e Coliformes Totais, no efluente reator de Lodos Ativos, no período de junho de 2006 à julho de 2007.

Além da correlação realizada entre os organismos presentes em esgotos (coliformes e colifagos), eles foram correlacionados com os parâmetros físicos e químicos sólidos totais, DBO e turbidez, a fim de ser verificada a efetiva influência desses sobre o comportamento dos microrganismos. Destas relações é esperada a obtenção de um coeficiente de correlação positivo entre as variáveis analisadas.

Diversos autores indicam que uma grande quantidade de sólidos contribui para uma maior adsorção de microrganismos, principalmente vírus, podendo ser o transporte destes controlado por decantação ou precipitação. Além disso, a presença de turbidez pode contribuir para manutenção da quantidade de vírus, possivelmente por adsorção aos sólidos suspensos presentes, e assim, estes permanecem protegidos da radiação solar. E, devido à maior prevalência de matéria orgânica como constituinte dos sólidos em suspensão, acredita-se que a DBO também interfira diretamente no comportamento dos microrganismos presentes em esgotos sanitários. No entanto, os valores obtidos da correlação entre os microrganismos e o valor de sólidos totais (Tabela 2), DBO (Tabela 3) e turbidez (Tabela 4), no afluente e nos dois bioprocessos de tratamento do presente estudo, indicam nenhuma relação entre si.



Tabela 2: Análise de Correlação de Pearson entre Colifagos, *E. coli*, Coliformes totais e Sólidos Totais no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007.(\*) Significante a 5%

	Sólidos Totais		
	Colifagos	<i>E. coli</i>	Coliformes Totais
Esgoto Bruto	0,074	0,350	0,371
Reator UASB	0,458(*)	0,101	0,005
Lodos Ativados	0,155	-0,026	-0,047

Tabela 3: Análise de Correlação de Pearson entre Colifagos, *E. coli*, Coliformes totais e DBO no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007.(\*\*) Significante a 1%; (\*) Significante a 5%

	DBO		
	Colifagos	<i>E. coli</i>	Colifagos
Esgoto Bruto	0,136	-0,192	-0,228
Reator UASB	0,156	-0,534(**)	-0,125
Lodos Ativados	0,442(*)	0,044	0,085

Tabela 4: Análise de Correlação de Pearson entre Colifagos, *E. coli*, Coliformes totais e turbidez no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007.(\*\*) Significante a 1%.

	Turbidez		
	Colifagos	<i>E. coli</i>	Coliformes Totais
Esgoto Bruto	-0,477(**)	-0,266	-0,046
Reator UASB	0,198	-0,029	-0,025
Lodos Ativados	0,187	0,113	0,238

Nas tabelas 2, 3 e 4 observa-se a existência de correlações positivas entre os microrganismos no efluente bruto e nos efluentes dos bioprocessos de tratamento. Observou-se, também, a presença algumas de correlações negativas entre os microrganismos e os parâmetros de monitoramento em questão, ao contrário do que é descrito a literatura. Entretanto, uma avaliação qualitativa quanto à intensidade do grau de correlação entre estas variáveis sugere a não existência de uma correlação entre elas.

#### 4 Conclusões

Sabe-se que, mesmo após os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nas Estações de Tratamento de Esgotos, o efluente tratado dificilmente está isento de microrganismos, podendo acarretar em diversos problemas, principalmente de saúde pública. Os indicadores bacteriológicos usuais não predizem a total desinfecção do efluente, pois, como já se sabe, vírus são mais resistentes e persistentes aos diversos processos de tratamento de esgoto, principalmente vírus excretados pela via fecal que são, em geral, não envelopados, o que lhes confere maior resistência.

Acredita-se que os referidos parâmetros, rotineiramente analisados em Estações de Tratamento de Esgotos, possam contribuir para uma maior retenção e manutenção da infectividade dos vírus. No entanto, nos resultados obtidos, não se encontrou correlações significativas entre os parâmetros e colifagos, indicando, no nosso estudo, que esta partícula possui comportamento completamente independente dos fatores químicos, físicos e biológicos testados. Estudos posteriores que testem a possível influência do clima sobre estas partículas também são relevantes. É necessária, também, a realização dos estudos referentes a vírus



entéricos, estabelecendo suas correlações existentes com colifagos, verificando se é possível associar a presença de ambos em esgotos tratados.

## 5 Referências Bibliográficas

AMARAL, L.A.; FILHO, N.A.; JUNIOR, O.D.R.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v.37, n.4, p.510-514, Jaboticabal, SP, 2003.

APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition. American Public Health Association, Washington, DC, USA.

BOFILL-MAS, S.; ALBINANA-GIMENEZ, N.; CLEMENTE-CASARES, P.; HUNDESA, A.; RODRIGUEZ-MANZANO, J.; ALLARD, A.; CALVO, M.; GIRONES, R. Quantification and stability of human adenoviruses and polyomavirus JCPyV in wastewater matrices. **Applied and Environmental Microbiology**, v.72, n.12, p.7894-7896, Barcelona, Spain, dec. 2006.

MARTINS, M. T., PELLIZARI, V. H., PACHECO, A., MYAKI, D., ADAMS, C., BOSSOLAN N. R. S., MENDES, J. M. B. & HASSUDA, S. (1991). Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Rev. Saúde Pública**, Vol. 25, No.1, p.47-52.

MIRANDA, L.; PADILHA, R.; MONTEGGIA, L.O.; THEWES, M.R. Avaliação da qualidade sanitária de efluentes tratados por diferentes bioprocessos através da análise de correlação entre colifagos, *Escherichia coli* e coliformes totais. Porto Alegre, 2007, In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, n.24, Belo Horizonte, MG, 2007.

PAYMENT, P.; FRANCO, E. *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. **Applied and Environmental Microbiology**, v.59, n.8, p.2418-2424, Québec, Canada, aug. 1993.

PEDROSO, M. Z.; FRANÇA, J. P.; RODRIGUES, P. F.; SANTOS, A.; JÚNIOR, O. C. Uma síntese sobre colifagos como indicadores de poluição fecal. **Revista O Mundo da Saúde**, São Paulo, SP, v.27, n.4, p.559-563, out./dez. 2003.

SILVEIRA, I.C.T. **Cloro e ozônio aplicados à desinfecção de efluente hospitalar tratado em contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em *Daphnia similis***. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SOBSEY, M.; LOVE, D.; LOVELACE, G.; STEWART, J.; ROBINSON, B. Methods to detect and genotype coliphages in water and shellfish. **Biennial Meeting of the Interstate Shellfish Sanitation Conference**, 2005. Disponível em: <<http://www.unc.edu/sobseylab/ISSCcoliphagedemo.pdf>> Acesso em 13/11/2007.

TAVARES, T. M.; CARDOSO, D. D. P.; BRITO, W. M. E. D. Vírus entéricos veiculados por água: aspectos microbiológicos e de controle de qualidade da água. **Revista de Patologia Tropical**, Goiânia, v.34, n.2, p. 85-104, maio/ago. 2005.