



IV-003 - ESTUDO DAS CONCENTRAÇÕES DE COLIFORMES NA COLUNA DE ÁGUA E NO SEDIMENTO DE UMA BACIA AGRÍCOLA

Louise Cristine Franzoi

Bióloga, mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau.

Adilson Pinheiro⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestre em Engenharia de Recursos hídricos e Saneamento pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; doutor em Física e Química do Ambiente pelo Institut National Polytechnique de Toulouse (França); professor da Universidade Regional de Blumenau.

Rita de Cássia Siqueira Curto Valle

Engenheira de Alimentos (1995), mestre em Engenharia Química (1998) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003).

Vander Kaufmann

Biólogo e Químico, mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Regional de Blumenau, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Rua São Paulo, 3250, 89030-000, Blumenau, SC, Brasil. Tel.: (55) 47 32216078, email. pinheiro@furb.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo efetuar um estudo comparativo entre a concentração de coliformes totais e termotolerantes da água e do sedimento límínico na Bacia Experimental do Ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras/SC. São consideradas as variações espaciais, nos quais se tem diferentes condições de sedimentos e, temporais. Foram estabelecidos 3 pontos de amostragens. As amostragens de água e de sedimentos foram realizadas durante 24 horas seguidas, com intervalos de coleta de 4 horas. Foram efetuadas duas campanhas, uma no mês de abril e outra em maio de 2008. Foram analisados parâmetros físicos químicos e microbiológicos (coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E.coli*) das amostras de água e de sedimentos límínico. Os resultados não apresentaram diferenças significativas entre os horários de coleta. Contudo, entre as duas campanhas amostrais, as maiores variações ocorreram para os SST, STD, turbidez e COT. As correlações foram fortes e significativas, da condutividade e da turbidez com as concentrações de coliformes. O mesmo se repetiu para o pH e COT (correlação regular) em relação a *E. coli*. Na amostragem de abril, em diversas situações, os valores de coliformes termotolerantes, totais e *E. coli*, foram superiores na coluna de água. Na amostragem de maio, isto ocorreu somente em uma única amostra. Possivelmente, na primeira coleta, em decorrência das precipitações dos dias anteriores, pode ter havido a resuspensão destes microorganismos. Outra hipótese diz respeito ao próprio transporte dos mesmos de montante à jusante pelo corpo hídrico em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Coliformes, sedimentos, bacia agrícola

INTRODUÇÃO

Diferentes grupos de organismos podem ser utilizados como indicador da qualidade dos recursos naturais. As bactérias do grupo coliformes são utilizadas como indicadoras da poluição patogênica (Sperling, 2005). O estudo para se verificar a presença e a quantidade destes organismos é de extrema importância, pois a contaminação microbiana de origem fecal em águas naturais ocasiona um risco sanitário devido ao seu consumo para dessedentação, alimentação (peixes, moluscos) e para banho (Beaudeau, et al., 2001).

Os sedimentos límínicos proporcionam um ambiente apropriado para a sobrevivência e o possível crescimento dos microorganismos fecais (Sherer, et al., 1992). De acordo com Bai e Lung (2005), a acumulação de indicadores bacterianos nos sedimentos tem sido atribuída à adsorção dos microorganismos às partículas em suspensão na água, que então sedimentam.



Os microorganismos do sedimento variam em tipo e número, conforme a variação quantitativa e qualitativa da entrada de energia de determinado compartimento (Nealson, 1997).

Diversos trabalhos têm evidenciado números mais elevados de bactérias patogênicas e indicadoras nos sedimentos, do que na coluna de água. Conforme Donderski e Wilk (2002), os sedimentos podem conter de 100 a 1000 vezes mais bactérias entéricas que a coluna de água.

Este trabalho tem por objetivo efetuar um estudo comparativo entre a concentração de coliformes totais e termotolerantes da água e do sedimento límnico na Bacia Experimental do Ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras/SC. São consideradas as variações espaciais, nos quais se tem diferentes condições de sedimentos e, temporais. Neste último caso, considera-se a variação ao longo de 24 horas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho apresentou diversas etapas. Primeiramente foi escolhido o local onde se realizou o estudo. Definiu-se que às amostragens seria efetuada na Bacia Experimental do Ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras/SC, tendo em vista o seu caráter de bacia representativa, onde diferentes estudos de processos hidrossedimentológicos estão sendo desenvolvidos. Nesta bacia vem sendo executado o Projeto de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PRAPEM/MICROBACIAS), desenvolvido pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural de Santa Catarina. Também é desenvolvido o projeto “rede de pesquisa em bacias representativas e experimentais no Bioma da Mata Atlântica, na região sul do Brasil”, denominado projeto MATASUL, financiado pelo MCT/FINEP/CT-Hidro-CNPq, edital 04/2005. A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) realiza coletas mensais de para análise da qualidade das águas do sistema de drenagem.

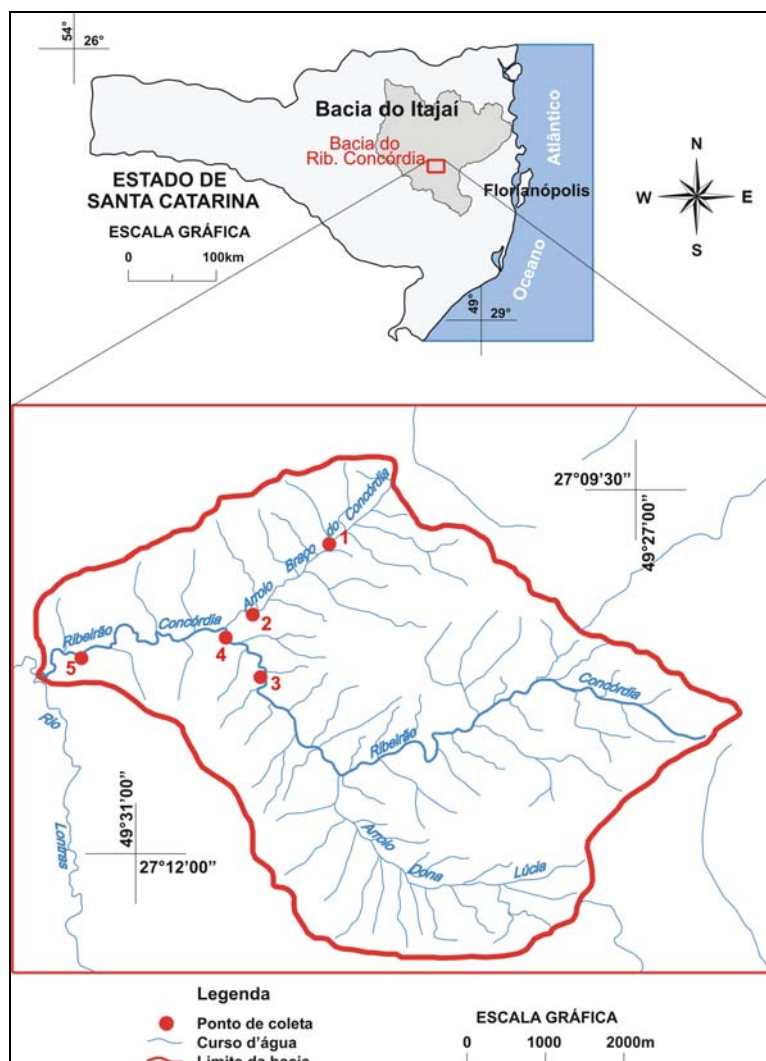


Figura 1: Localização da bacia e dos pontos de amostragem.

Foram estabelecidos 3 pontos de amostragens: pontos 2, 3 e 5. Portanto, dois encontram-se a montante do terceiro ponto. As amostragens de água e de sedimentos foram realizadas durante 24 horas seguidas, com intervalos de coleta de 4 horas. Foram efetuadas duas campanhas, uma no mês de abril e outra em maio de 2008.

A metodologia de coleta, conservação e transporte das amostras foram efetuadas segundo o método preconizado pelo Standard Methods (APHA, 1998). Coletou-se às amostras de água a uma profundidade de 15 a 30 centímetros. Para determinação da concentração bacteriana do sedimento, as amostras foram extraídas dos primeiros 10-20 mm do mesmo (Craig, Fallowfield e Cromar, 2003), com o auxílio de um coletor de sedimento apresentando um tubo de PVC de 1,80 cm de comprimento, com um registro acoplado na sua extremidade posterior. Na porção inferior foi colocada uma emenda rosqueável, onde foi acoplado um tubo de inox de 25 cm de comprimento e 20 mm de raio.

Em cada amostragem foram efetuadas três replicatas por ponto de coleta. As alíquotas obtidas foram depositadas em potes plásticos de polietileno com capacidade de 250 ml, sendo os mesmos acondicionados em um recipiente de isopor com gelo e transportados ao Laboratório de Engenharia Bioquímica, localizado no Campus II da FURB. A técnica de análise foi a de tubos múltiplos, que estima a densidade de bactérias através das combinações dos resultados positivos e negativos dos tubos, o qual é expresso como número mais provável (NMP/100 mL e NMP/100 g), conforme APHA (1998).



RESULTADOS

Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da coluna de água

Os dados estatísticos, referentes aos parâmetros físico-químicos encontram-se relacionados na Tabela 1. Na Tabela 2 são apresentadas às diferenças estatísticas encontradas para as concentrações de microorganismos, entre as duas coletas de 24 horas efetuadas. Na Tabela 3 estão dispostos os coeficientes obtidos da correlação de Spearman.

Para a maioria dos parâmetros físico-químicos (Tabela 1) somente ocorreram diferenças significativas entre as duas amostragens de 24 horas. Temporalmente aqueles que sofreram maior variação foram os SST, a turbidez, os STD e o COT.

As variações mais elevadas entre os horários de coleta ocorreram entre os STD (36%) e SST (101%), ambas observadas entre as amostras obtidas nos dias 18 a 19 de abril. De acordo com Ramirez (1995), estas variações podem ser explicadas pelo fato de que, em ecossistemas aquáticos de clima tropicais, não há períodos bem definidos durante o ciclo anual (um período de estiagem e outro de chuvas). Com isso estes ambientes podem apresentar flutuações diárias, que influenciam no metabolismo e no comportamento dos organismos aquáticos.

As concentrações de coliformes oscilaram entre 320 e 9200 NMP/100 mL (CTe), 320 e 5400 NMP/100 mL (*E. coli*) e, 320 e 16000 NMP/100 mL (CT). Vale salientar que os maiores valores (de cada grupo de microorganismos) são relativos às amostragens dos dias 18 e 19 de abril. Através da Tabela 2, verifica-se que houve uma grande variação, (entre horários e amostragens), podendo também ser visualizada na Figura 2.

Nota-se que no período noturno, principalmente às 18:00 horas, do dia 18 de abril (para coliformes termotolerantes e totais) e às 22:00 horas deste mesmo dia (para coliformes totais), as concentrações bacterianas (Figura 3) foram superiores em relação ao período diurno, o que não ocorreu para o parâmetro temperatura da água, que apresentou os valores mais elevados à noite.

Na coleta de maio, esta diferença mostra-se mais acentuada, em relação aos três grupos de indicadores microbiológicos, comparando-se os horários (22:00 e 02:00 horas), com aqueles das coletas diurnas, sendo que esta redução coincidiu com a diminuição da temperatura da água. Diniz et al. (2002), em trabalho realizado em um açude no estado da Paraíba, efetuando uma amostragem de 24 horas, também encontraram concentrações médias de coliformes fecais, maiores no período noturno e decréscimo da temperatura neste período.

Analisando a relação das concentrações bacterianas com os parâmetros físico-químicos (Tabela 4), pode ser notada uma correlação forte e significativa, entre os valores de condutividade e turbidez, com os \log_{10} das concentrações de coliformes.

Para o pH e as concentrações bacterianas, estas foram fortes e significativas, entre esta variável e os valores obtidos para *E. coli*. Conforme Wilkinson (1995) tem sido evidenciado que, extremos de pH tendem a aumentar a mortalidade de coliformes fecais em solos e ecossistemas aquáticos dulcícolas. Em um trabalho, conduzido por McFeters e Stuart (1972), utilizando câmaras de membrana de filtração, em testes a uma temperatura de 10°C, encontraram que a faixa de pH de maior sobrevivência de coliformes fecais esteve entre 5,5 e 7,5. Nota-se que em somente em 8, de um total de 28 amostras (para todos os pontos e dias de coleta), o pH encontrou-se fora desta faixa, atingindo um valor máximo de 8,27, no P1.

Outra análise que demonstrou um padrão contrário, diz respeito à relação positiva e regular existente entre a temperatura de água e às concentrações de coliformes termotolerantes e *E. coli*, pois de acordo com diversos autores, a correlação existente entre estas duas variáveis tende a ser negativa.



Tabela 1: Desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV) e valores de que representam às diferenças significativas existentes entre horários e entre as duas coletas de 24 horas realizadas, para os parâmetros físico-químicos da água. Os tempos (T1 à T7), representam um intervalo de 4 horas entre uma amostragem e outra. Dif. (diferenças entre os horários). Diferenças significativas (*).

Temperatura da água (°C)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,89	5
DP	2,26	1,06	0,78	1,06	0,35	1,41	2,83	1,57	9
CV (%)	13	6	4	6	2	8	16		
p = 0,1596								p = 0,7598	
pH								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,04	1
DP	0,18	0,20	0,10	0,19	0,33	0,28	0,36	0,15	2
CV (%)	3	3	1	3	5	4	5		
*p = 0,0005								p = 0,2390	
Condutividade (µS/cm)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,47	2
DP	0,85	0,56	0,49	0,21	0,28	0,49	1,20	0,20	1
CV (%)	5	3	3	1	2	3	6		
*p = 0,0039								p = 0,4087	
Turbidez (UNT)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	1,87	8
DP	11,22	10,11	8,34	5,90	9,06	8,34	6,65	1,39	13
CV (%)	61	60	48	33	56	52	42		
*p = 1,8659x10 ⁻⁵								p = 0,7340	
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	32,72	36
DP	49,50	46,67	19,80	73,54	65,0538	74,95	74,95	29,64	18
CV (%)	48	36	14	58	56	45	64		
*p = 0,0065								p = 0,6619	
Sólidos suspensos totais (mg/L)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	18,11	101
DP	36,77	49,50	66,50	70,71	42,43	63,64	77,78	18,60	19
CV (%)	44	127	106	110	96	112	123		
*p = 5,7898x10 ⁻⁵								p = 0,2377	
Carbono orgânico total (ppm)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,62	17
DP	0,77	1,22	0,51	1,56	1,42	0,72	0,65	0,12	5
CV (%)	29	40	19	44	44	27	24		
*p = 0,0008								p = 0,3634	
Carbono inorgânico (ppm)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Tempo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,07	1
DP	0,04	0,05	0,18	0,29	0,09	0,09	0,09	0,13	2
CV (%)	1	1	3	5	2	2	2		
p = 0,2394								p = 0,9721	



Tabela 2: Desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV) e valores de p que representam às diferenças significativas existentes entre horários e entre duas coletas de 24 horas realizadas, para os parâmetros microbiológicos da água. Os tempos (T1 à T7), representam um intervalo de 4 horas entre uma amostragem e outra. Dif. (diferenças entre os horários). Diferenças significativas (*).

Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	2859,9	71
DP	6265	2248,6	3323,4	919,24	0	2262,7	685,9	772,6	90
CV (%)	131	118	109	88	0	60	84		
*p = 0,0303								p = 0,5080	
E. coli (NMP/100 mL)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	1764,2	61
DP	3578	1470,8	1060,7	919,2	0	2899,1	685,89	556,1	76
CV (%)	125	108	73	88	0	87	84		
*p = 0,0197								p = 0,4501	
Coliformes totais (NMP/100 mL)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,4670	77
DP	10981	6279,1	3323,4	3535,5	1272,8	2262,7	495,0	0,1988	88
CV (%)	133	132	109	122	49	60	24		
p = 0,7853								p = 0,0668	

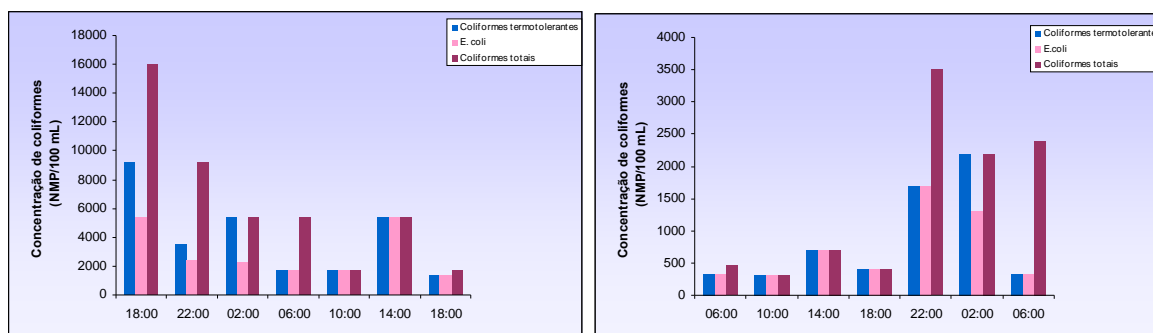


Figura 2: Variação temporal das concentrações de coliformes termotolerantes, totais e *E. coli* encontradas nas amostragens de 24 horas, dos dias 18 de abril (gráfico à esquerda) e 22 de maio (gráfico à direita).



Tabela 3: Coeficientes de correlação de Spearman (r_s) e valores de p , para as variáveis físico-químicas da coluna de água *versus* as concentrações de coliformes termotolerantes (CTe), *Escherichia coli* (*E. coli*) e coliformes totais (CT). O símbolo (#) é relativo às correlações significativas observadas. Int. (intensidade da correlação); FR (fraca); R (regular); F (forte).

Variáveis	CTe			<i>E. coli</i>			CT		
	r_s	P	Int.	r_s	p	Int.	r_s	p	Int.
T (°C)	0,30	0,2923	FR	0,35	0,2122	R	0,13	0,6664	FR
pH	0,53	0,0531	R	0,62	0,0169 [#]	F	0,52	0,0561	R
Cond. (µS/cm)	0,75	0,0011 [#]	F	0,77	0,0013 [#]	F	0,63	0,0150 [#]	F
Turb. (UNT)	0,68	0,0075 [#]	F	0,74	0,0026 [#]	F	0,66	0,0103 [#]	F
STD (mg/L)	-0,38	0,1823	R	-0,53	0,0504	R	-0,38	0,1768	R
SST (mg/L)	-0,59	0,0257 [#]	R	-0,70	0,0050 [#]	F	-0,53	0,0530	R
COT (ppm)	0,44	0,1176	R	0,59	0,0254 [#]	R	0,49	0,0719	R
CI (ppm)	-0,33	0,2403	R	-0,44	0,1111	R	-0,26	0,3678	FR

Tabela 4: Desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV) e valores de p que representam às diferenças significativas existentes entre as duas coletas de 24 horas realizadas, resultantes da comparação entre pontos e dias amostrais, para os parâmetros microbiológicos do sedimento. Os tempos (T1 à T7), representam um intervalo de 4 horas entre uma amostragem e outra. Dif. (diferenças entre os horários). Diferenças significativas (*).

pH								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	0,12	2
DP	0,89	0,89	0,93	1,12	1,23	1,18	1,22	0,12	2
CV (%)	14	14	15	18	19	19	19		
* $p = 2,1876 \times 10^{-6}$								$p = 0,9908$	
Condutividade (µS/cm)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	9,71	40
DP	24,32	12,23	4,31	0,07	9,97	18,95	23,05	8,08	20
CV (%)	80	47	12	0	36	54	64		
* $p = 0,0285$								$p = 0,9173$	

Para os sólidos totais dissolvidos, a relação existente foi negativa e regular, o contrário do observado nas coletas antecedentes, que apresentaram uma correlação positiva para coliformes termotolerantes, totais e *E. coli*.

Outro aspecto a ser destacado, foi à associação significativa e regular encontrada entre as concentrações de *E. coli* e carbono orgânico total, o que não pode ser evidenciado nas análises estatísticas das coletas precedentes.

Um fator que pode ter contribuído para isso, é o fato de que, a adsorção de luz pelo carbono orgânico dissolvido (que compõe cerca de 80% dos teores de COT), influencia fortemente a penetração de raios ultravioleta, fornecendo proteção para a biota contra a radiação nociva (Williamson; Zagarese, 1994). Além disso, o COD é empregado no metabolismo dos organismos heterotróficos como fonte energética, sendo indispensável nos processos de ciclagem de nutrientes (Vidal et al, 2005).

Outra hipótese está no fato de que, no P5 a vegetação existente atua no sombreamento de grande parte deste trecho do corpo hídrico, o que pode ter favorecido à sobrevivência deste microorganismo, principalmente em relação às amostragens de 24 horas realizadas no mês de abril.

Merece destaque também o fato de ter sido observada uma correlação positiva e regular entre a temperatura e às concentrações de *E. coli*, que contrasta com dados de outros autores. Wilkinson (1995) coloca que a sobrevivência dos coliformes termotolerantes se estende em baixas temperaturas. Entretanto, este fato caracteriza-se mais como uma consequência de uma redução no metabolismo de toda a comunidade microbiana, sugerindo que a competição com outros microorganismos influencia a sobrevivência das bactérias fecais nos ecossistemas aquáticos (Craig; Fallowfield; Cromar, 2003; Wilkinson, 1995).

Craig, Fallowfield e Cromar (2003), em um estudo feito sobre os efeitos da temperatura e das características do sedimento sobre a sobrevivência de *E. coli* na coluna de água e no sedimento, observaram que, a sobrevivência deste organismo parece ter uma relação inversa com a temperatura.

Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do sedimento límico

Os parâmetros físico-químicos do sedimento límico apresentaram diferenças significativas (Tabela 5) somente entre as duas amostragens de 24 horas. Na primeira coleta o pH oscilou entre 6,90 (às 18:00 horas) e 7,19 (às 10:00 horas). Na segunda amostragem, o mesmo esteve entre 5,45 (às 22:00 horas) e 5,73 (às 14:00 horas), ambos valores ocorrentes no dia 22 de maio.

Observando-se a Tabela 5, nota-se que a condutividade foi o parâmetro que sofreu maior variação, especialmente na amostragem de abril.

Para as coletas de 18 a 19 de abril, as concentrações de bactérias fecais mais elevadas foram de 13000, 13000 e 92000 NMP/100 g, para coliformes termotolerantes, *E. coli* e coliformes totais, respectivamente. Em relação às amostragens dos dias 22 a 23 de maio, os maiores valores foram de 70000, 70000 e 94000 NMP/100 g, para estes microorganismos.

Tabela 5: Desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV) e valores de p que representam às diferenças significativas existentes entre as duas coletas de 24 horas realizadas para os parâmetros microbiológicos do sedimento. Os tempos (T1 à T7), representam um intervalo de 4 horas entre uma amostragem e outra. Dif. (diferenças entre os horários).

Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	4706,1	84
DP	1838,5	48578	6858,9	438,4	5444,7	1902,1	21284	26577,4	161
CV (%)	51	136	84	44	76	97	107		
p = 0,3517								p = 0,6232	
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	4722,2	80
DP	3323,4	48578	6858,9	70,7	5444,7	1902,1	21284	26627,8	162
CV (%)	71	136	84	10	76	97	107		
p = 0,3704								p = 0,6339	
Coliformes totais (NMP/100 mL)								Dif.	
Diferenças entre dias								DP	CV (%)
Horários	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	60847,9	342
DP	4313,4	6484,2	62720	424,3	4313,4	0	34719	55965,9	237
CV (%)	68	135	132	21	54	0	118		
p = 0,7922								p = 0,7531	

Analisando-se as concentrações bacterianas encontradas (Figura 3), evidencia-se que ocorreu grande variação das mesmas, entre horários e dias amostrados, apesar de diferenças significativas não terem sido verificadas (Tabela 6). Esta oscilação também foi observada para os dados de sedimento das campanhas amostrais comuns.

As correlações entre os parâmetros físico-químicos e às concentrações de coliformes praticamente foram inexistentes, sendo que o maior valor de r_s encontrado foi de 0,13 (entre pH e *E. coli*).

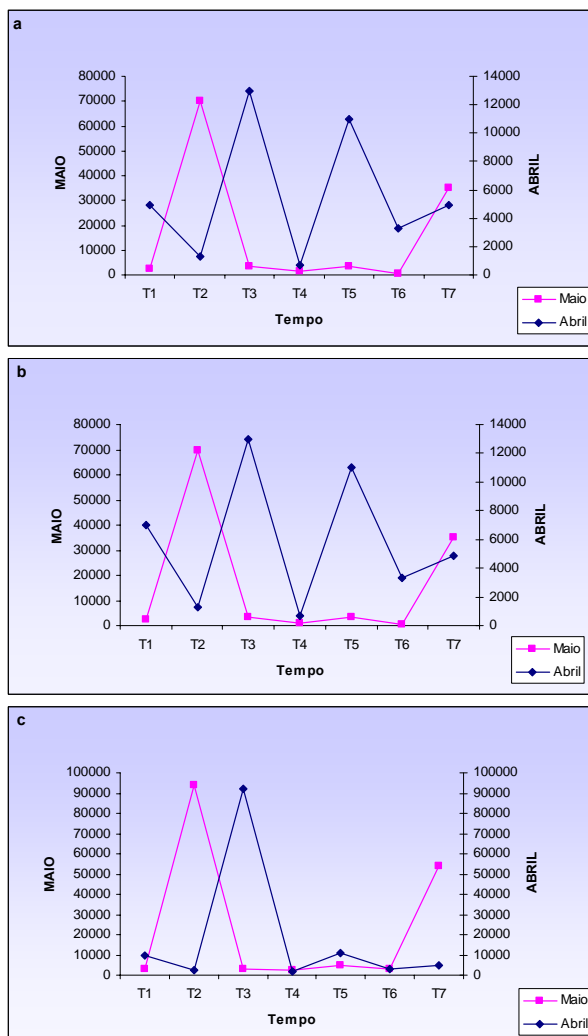


Figura 3: Concentrações de coliformes (NMP/100 g) fecais (a), *E. coli* (b) e coliformes totais (c) encontradas no sedimento límico, para as duas coletas de 24 horas realizadas nos meses de abril (com início às 18:00 horas) e maio (com início às 06:00 horas). Os intervalos de tempo (T) indicam um período de 4 horas entre uma amostragem e outra.

Comparação entre coluna de água e sedimento límico

Na amostragem de 24 horas efetuada em abril, não houve diferenças significativas entre coluna de água e sedimento límico, para os parâmetros físico-químicos (Figuras 4a e 4c). O contrário ocorreu para a coleta de maio, havendo divergências estatísticas entre o pH ($p = 4,8573 \times 10^{-8}$) e a condutividade ($p = 0,0003$) entre estes dois compartimentos (Figuras 4b e 4d).

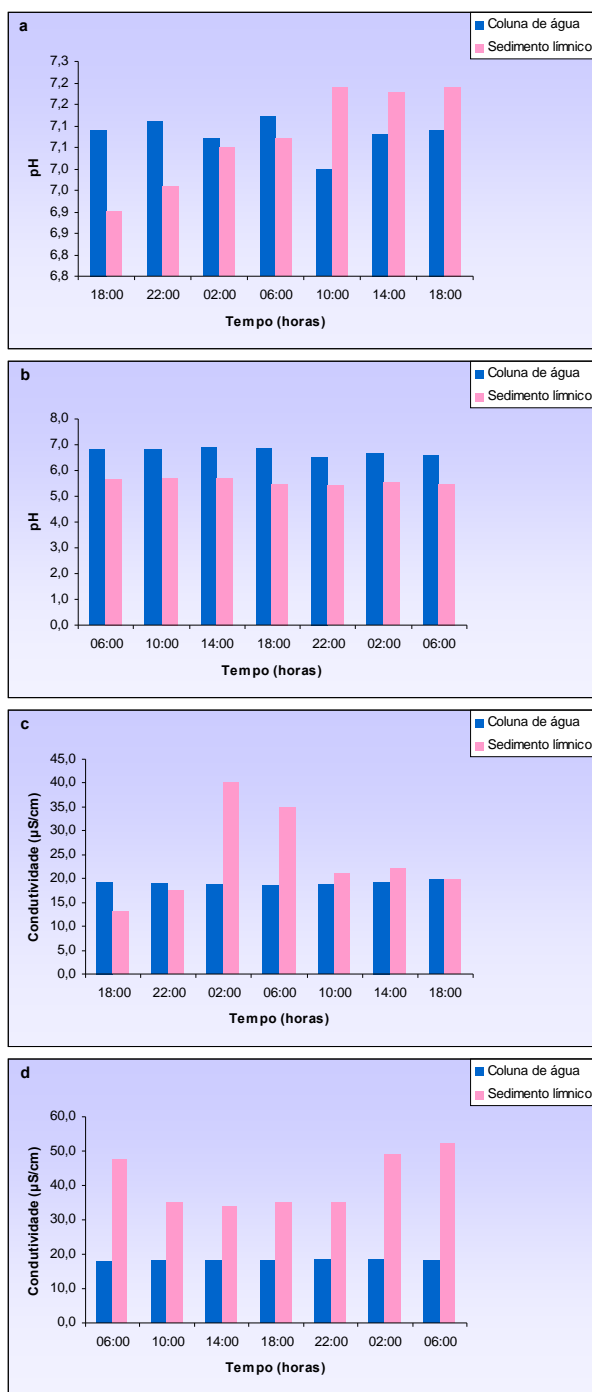


Figura 4: Valores de pH e de condutividade encontrados na coluna de água e no sedimento límico, para as duas coletas de 24 horas realizadas nos meses de abril (a e c) e maio (b e d).

Entre a coluna de água e o sedimento límico também houve bastante variação nas concentrações bacterianas (Figura 5), apesar de diferenças significativas entre os dois compartimentos não terem sido observadas. Um aspecto a ser destacado encontra-se no fato de que, na campanha amostral de abril, em quatro coletas, as concentrações de coliformes fecais foram superiores na coluna de água. Para coliformes totais e *E. coli*, isto somente ocorreu em três amostragens.

Para a coleta de maio, em somente uma amostra (para coliformes termotolerantes e *E. coli*), as concentrações foram superiores na coluna de água. Este acontecimento pode ter sido resultante da maior quantidade de chuvas ocorridas nos cinco dias anteriores a 18 de abril (36,20 mm), o que poderia ter ocasionado resuspensão do sedimento límico do local, gerando um aumento nas quantidades de coliformes na água, e/ou, a



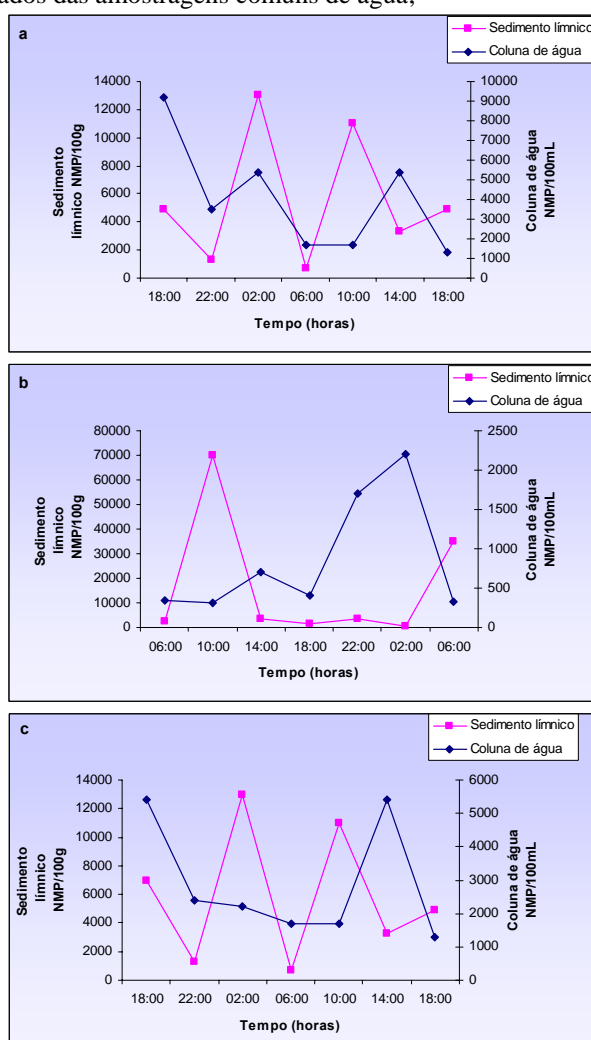
resuspensão ou carreamento destes microorganismos de montante à jusante. Dados obtidos de experimentos que simularam eventos de resuspensão indicaram que, concentrações de *E. coli* dos sedimentos ressurgem à coluna de água e podem contribuir substancialmente com a poluição da mesma (Stephenson; Rychert, 1982). Conforme os mesmos autores, mesmo distúrbios de menor intensidade, na interface água-sedimento, podem ocasionar este fenômeno.

CONCLUSÃO

Diversos fatores influenciam a sobrevivência dos coliformes na coluna de água e no sedimento. Os resultados das amostragens de 24 horas não apresentaram diferenças significativas entre os horários de coleta. Contudo, entre as duas campanhas amostrais, as maiores variações ocorreram para os SST, STD, turbidez e COT;

As correlações foram fortes e significativas, da condutividade e da turbidez com as concentrações de coliformes. O mesmo se repetiu para o pH e COT (correlação regular) em relação a *E. coli*;

A temperatura apresentou correlação positiva e regular com a concentração de coliformes, o contrário do que geralmente é colocado pela literatura. Em contrapartida, para os STD, a mesma foi negativa e regular, contrastando com os resultados das amostragens comuns de água;



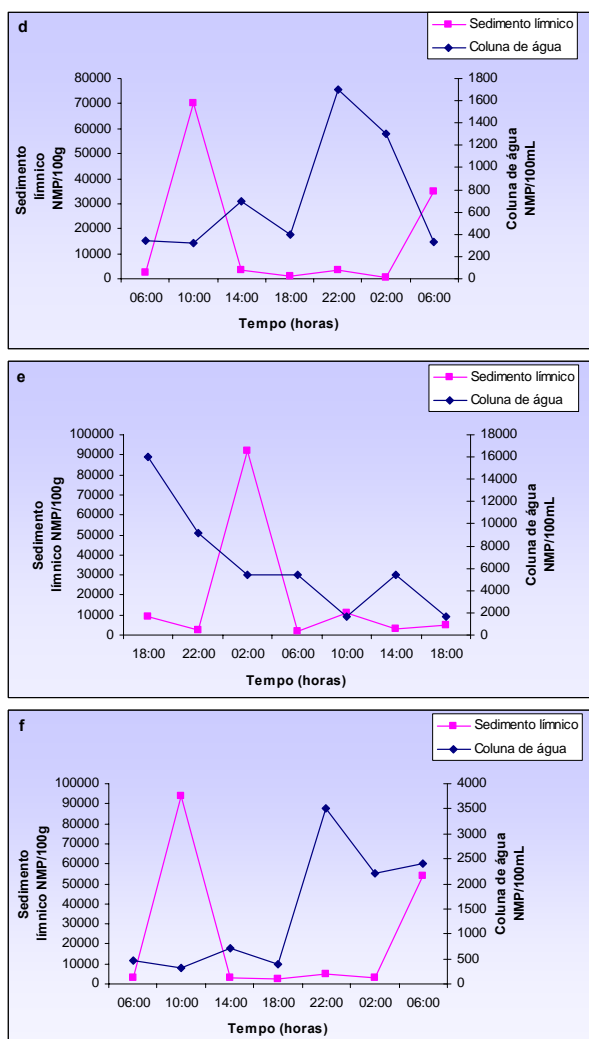


Figura 5: Concentrações de coliformes termotolerantes (a e b), *E.coli* (c e d) e coliformes totais (e e f), da coluna de água e do sedimento línico encontradas para as amostragens de 24 horas efetuadas em abril (gráficos à esquerda) e maio (gráficos à direita).

Na amostragem de abril, em diversas situações, os valores de coliformes termotolerantes, totais e *E. coli*, foram superiores na coluna de água. Na amostragem de maio, isto ocorreu somente em uma única amostra. Possivelmente, na primeira coleta, em decorrência das precipitações dos dias anteriores, pode ter havido a resuspensão destes microorganismos. Outra hipótese diz respeito ao próprio transporte dos mesmos de montante à jusante pelo corpo hídrico em questão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos MCT/FINEP/CT-Hidro-CNPq, edital 04/2005 Bacias Representativas, convênio 3490/05, pelo financiamento de pesquisa e a CAPES pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington, 1998.
2. BAI, S. e LUNG, WU-SENG. Modeling sediment impact on the transport of fecal bacteria. Water Research. v. 39. p. 5232-5240. 2005.



3. BEAUDEAU, P.; TOUSSET, N.; BRUCHON, F.; LEFÈVRE, A. ; TAYLOR, H. D. In situ measurement and statistical modeling of *Escherichia coli* decay in small rivers. Wat. Res. v. 35. n. 13, p. 3168-3178. 2001.
4. CRAIG, D. L.; FALLOWFIELD, H. J.; CROMAR, N. J. The Effects of Temperature and Sediment Characteristics on Survival of *Escherichia Coli* in Recreational Coastal Water and Sediment. Environmental Health. v.1. n. 1, p. 43-51. 2003.
5. DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O.; PEDROSA, A. S.; KONIG, A.; BARBOSA, J. E. L. Distribuição vertical e dinâmica nictemeral de parâmetros físicos, químicos e biológicos do açude de Bodocongó – PB. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL. 2002. Cancún.
6. DONDESKI, W. e WILK, I. Bacteriological Studies of Water and Bottom Sediments of the Vistula River between Wyszogród and Torún. Polish Journal of Environmental Studies. v. 11 n. 1. p. 33-40. 2002.
7. MCFETERS, G. A. e STUART, D. G. Survival of Coliform Bacteria in Natural Waters: Field and Laboratory Studies with Membrane Filter Chambers. App. Microbiol. v. 24. n. 5, p. 805-811. 1972.
8. NEALSON, K. H. Sediment bacteria: Who's There, What Are They Doing, and What's New? Annu. Rev. Earth Planet. Sci. v. 25, p. 403-434. 1997.
9. SHERER, B. R.; MINER, J.; MOORE, J; BUCKHOUSE, J. Indicator bacterial survival in stream sediments. J. Environ. Qual. v. 21, p. 591-595. 1992.
10. RAMIREZ, J. J. Variaciones verticales de temperatura y factores químicos en un ciclo de 24 horas en el Embalse Punchiná, Antioquia – Colombia. In: *Acta Limnologica Brasiliensia*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Limnologia, p.23- 34. 1995.
11. STEPHENSON, G. R. e RYCHERT, R. C. Bottom Sediment: a Reservoir of *Escherichia coli* in Rangeland Streams. Journal of Range Management. v. 35. n.1, jan., p. 119-123. 1982.
12. SPERLING, M. von, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 3.ed, Belo Horizonte, DESA-UFGM, v.1, 2005, 452p.
13. VIDAL, L.; MENDONÇA, R. F.; MARINHO, M. M.; CESAR, D; ROLAND, F. Caminhos do Carbono em Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. Lições de Limnologia. São Carlos: Rima, 2005.
14. WILKINSON, J.; JENKINS, A.; WYER, M.; KAY, D. Modelling faecal coliform dynamics in stream and rivers. Water Res. v. 29. n. 3, p. 847–855. 1995.
15. WILLIAMSON, C. E. e ZAGAREZE, H. E. The impact of UV-B radiation on pelagic freshwater ecosystems. Archiv für Hydrobiologie Beiheft. v. 43, p. 9-11. 1994.