

IV-045 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO RESERVATÓRIO DO VACACAÍ MIRIM

Rodrigo Burin⁽¹⁾

Tecnólogo em Meio Ambiente pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Engenheira Civil pela UFSM. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Mônica Vanzo

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, CTLab Sala 537, Avenida Roraima, nº 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, Brasil. CEP 97105-900 – Tel:(55) 32208423 – e-mail: rodrigocska@yahoo.com.br

RESUMO

Diversos reservatórios localizados próximos às áreas urbanas são submetidos a inúmeras pressões por usos múltiplos criando condições para a proliferação de doenças hidricamente transmissíveis. Indicadores microbiológicos têm sido utilizados mundialmente para verificar a contaminação de corpos d'água por resíduos humanos. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espaço-temporal da qualidade microbiológica da água do reservatório do Vacacaí Mirim e sua conformidade com a legislação através de pesquisa do grupo coliforme. Foram realizadas (08) campanhas de campo entre 2010 e 2011, sendo as coletas de água amostradas em quatro pontos distribuídos ao longo do reservatório e um ponto localizado à montante, no principal rio afluente. Em laboratório, a quantificação e identificação dos indicadores microbiológicos foi realizada utilizando-se o sistema Colilert[®]. Tem-se observado uma significativa redução no número de *E. coli*, na medida em que os pontos de coleta se afastam do exutório do rio principal, pelo fato de haver uma maior diluição da carga microbiana e o próprio decaimento bacteriano. As análises de correlação entre algumas variáveis hidrológicas ambientais mostraram que em todos os pontos no interior do reservatório, os valores de *E.coli* estão mais condicionados a eventos precipitação do que a variação sazonal de temperatura. O escoamento superficial é um dos fatores que mais contribui para a mudança da qualidade microbiológica da água no interior do reservatório, devido ao arraste de excretas humanas e animais, além do aumento do fluxo de vazão dos afluentes que provocam turbulência na coluna d'água ressuspensando coliformes associados aos sedimentos. Em 16% do tempo de permanência, o número de *Escherichia coli* ultrapassa os limites estabelecidos para a classe 3 da Res. CONAMA N°357/05 tornando a água inapta para abastecimento domésticos e recreação. Atenção especial deve-se ter nos momentos de alta precipitação e vazão, em que geralmente é observada uma contagem maior de *E. coli*.

PALAVRAS-CHAVE: *Escherichia coli*, qualidade da água, curva de permanência

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica de captação do reservatório do Vacacaí Mirim está localizada entre os municípios de Santa Maria e Itaara, centro do estado do Rio Grande do Sul, ocupando uma área aproximada de 30,6 km². O reservatório é utilizado primordialmente para abastecimento humano, sendo responsável por 40% do fornecimento de água para Santa Maria, e recreação, pois em sua margem está situado um clube de lazer. O crescimento urbano passou a envolver fisicamente o reservatório, com a população ocupando as suas margens e passando a avançar na direção das encostas dos morros vizinhos. A ocupação ocorre geralmente de forma desordenada e desprovida de uma infra-estrutura sanitária.

Assim como neste trabalho, em muitas regiões há diversos reservatórios localizados em áreas urbanas. Estes reservatórios são submetidos a inúmeras pressões por usos múltiplos, como por exemplo, abastecimento de água, recreação, pesca, e mesmo a diluição de efluentes. Esses ecossistemas são pressionados permanentemente por impactos de fontes poluentes pontuais e difusas. O uso múltiplo de muitos reservatórios cria condições para a proliferação de doenças hidricamente transmissíveis. Apesar de ser uma substância vital para a saúde humana, a água pode produzir doenças por vários mecanismos e aumentar a mortalidade. Essas são conseqüências produzidas pela água contaminada e de baixa qualidade. Muyodi *et al* (2009), por exemplo, relatam uma correlação positiva entre a contagem de coliformes e a incidência de doenças transmitidas pela água na fração Ugandense do lago Victória.

Indicadores microbiológicos têm sido utilizados mundialmente para verificar a contaminação de corpos d'água por resíduos humanos. Tipicamente são utilizados organismos encontrados em elevadas concentrações em fezes humanas. Os indicadores geralmente utilizados incluem coliformes totais, coliformes fecais (termotolerantes), *Escherichia coli* e enterococos (Vasconcellos *et al*, 2005). Segundo Von Sperling (2005) as bactérias do grupo coliforme são indicadoras de contaminação fecal, ou seja, indicam se uma água foi contaminada por fezes e, em decorrência, se apresenta uma potencialidade para transmitir doenças. Entretanto, a *Escherichia coli* (*E. coli*) é o membro mais comum de coliformes termotolerantes no trato intestinal de seres humanos ou outros animais de sangue quente. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA recomenda a *E. coli* como o melhor indicador de poluição fecal para fins de avaliação da qualidade da água (AN *et al*, 2002).

Como *E. coli* é considerada uma bactéria fecal residente apenas no trato intestinal dos animais de sangue quente, tende a permanecer de forma transitória em ambientes externos. No entanto, estudos realizados em várias regiões climaticamente distintas, têm sugerido que esta bactéria pode ocorrer, e pode até mesmo crescer, em ambientes naturais - água, solos, sedimentos e areia da praia (Byappanahalli *et al*, 2006).

O objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade espaço-temporal da qualidade microbiológica da água do reservatório do Vacacaí Mirim e sua conformidade com a legislação pertinente através de pesquisa do grupo coliforme.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas (08) campanhas de coleta de campo, no período de janeiro/2010 a fevereiro/2011. Todas as coletas de amostras de água foram realizadas em cinco pontos distintos: quatro pontos distribuídos na zona limnética ao longo do reservatório e um ponto localizado à montante, no principal rio afluente. Na Figura 1 são mostradas as localizações dos pontos de amostragem. O ponto (P1) está localizado próximo ao exutório do afluente principal; o ponto (P2) situa-se na parte montante do reservatório, num local relativamente raso; o ponto (P3) localiza-se aproximadamente no centro longitudinal do reservatório, enquanto que os pontos (P4) e (P5) situam-se, respectivamente, no local de captação de água, e próximo ao vertedor cujas profundidades são mais acentuadas. Em cada ponto localizado ao longo do reservatório (P2, P3, P4, P5) foram coletadas uma amostra de superfície (S) e uma amostra de profundidade (P). Como o nível da lâmina d'água varia significativamente ao longo do tempo, coletaram-se as amostras de profundidade aproximadamente a 2m do fundo, buscando-se uma situação representativa do hipolímnio.

Na superfície as amostras foram coletadas manualmente a 0,3 metros da superfície, e as amostras de profundidade, coletadas com uma garrafa de Van Dorn. Em campo e até sua chegada no laboratório, as amostras foram preservadas em caixa térmica com gelo a 4°C e na ausência de luz, conforme CETESB (1987) e analisadas em até 6 horas a partir da coleta.

No procedimento de ensaio das amostras de água em laboratório, a quantificação dos indicadores microbiológicos foi realizada utilizando-se o sistema Colilert®, para detecções simultâneas, identificações específicas e confirmativas de Coliformes Totais e *E. coli* em águas continentais. O Colilert® utiliza a tecnologia do substrato definido usando indicadores/nutrientes específicos que fazem com que os microrganismos de interesse presentes na amostra produzam uma mudança de cor (ou fluorescência) no sistema inoculado. O meio Colilert® contém os substratos definidos. As enzimas específicas da *E. coli* metabolizam estes nutrientes, e a amostra passa a apresentar fluorescência (na presença de luz ultravioleta) para resultado positivo de *E. coli*.

Cada amostra de água, após as diluições necessárias, recebeu o meio Colilert e foi colocada numa cartela Quanti-Tray/2000 que possui 97 células isoladas usadas para detecção e quantificação das bactérias de interesse nas amostras. As cartelas foram posteriormente seladas e incubadas a uma temperatura de 35°C por 24 horas fornecendo desse modo os resultados. A quantificação do número de *E. coli* presente é feita pela comparação do número de células positivas com padrões conhecidos e tabelados pelo fabricante. Este procedimento é recomendado pela USEPA e aceito por APHA (2005).

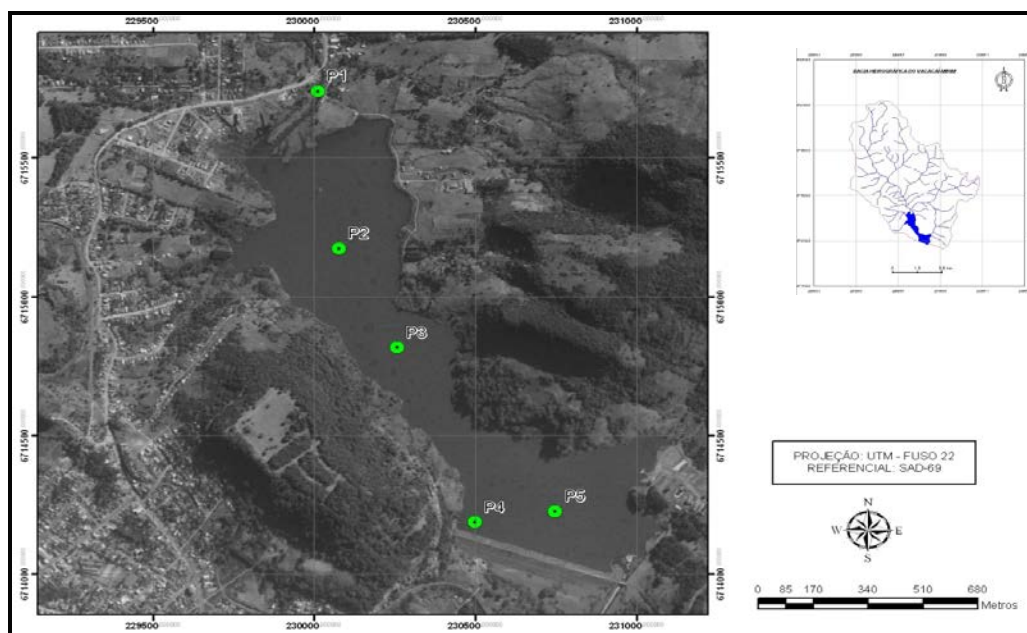


Figura 1: Localização dos pontos de coleta no reservatório do Vacacaí Mirim

ANÁLISE DE DADOS

Buscou-se verificar a influência de fatores ambientais (hidrológicos) na variabilidade do número de bactérias *E. coli* na água do reservatório. As relações entre as variáveis e o número de bactérias foram analisadas estatisticamente por análises de correlação em que a relação entre os parâmetros foi representada pelo coeficiente de correlação de Pearson. As variáveis consideradas foram: abaixamento do nível do reservatório no dia da coleta, vazão afluente, e precipitação acumulada nos últimos 7 dias.

Curvas de permanência de qualidade da água para *E. coli* foram construídas com base na distribuição de probabilidade. Estas foram confeccionadas sem a distinção entre as diferentes coletas ou entre os pontos de coleta reunindo todos os dados disponíveis referente às oito campanhas efetuadas. As curvas de permanência de qualidade da água referem-se à probabilidade dos níveis de concentração de cada variável atenderem a classe de enquadramento estabelecida para o reservatório do Vacacaí Mirim, ou mesmo, a probabilidade de permanência em uma classe qualquer. Como este reservatório destina-se primordialmente ao abastecimento humano, deve enquadrar-se, no mínimo, como classe 3, conforme a Res. N°357 do CONAMA. Neste caso as águas podem servir ao abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL

A presença de bactérias coliformes, especialmente *E. coli*, nas águas do reservatório indica contaminação por material fecal de seres humanos ou outros animais de sangue quente, bem como potencial presença de organismos patogênicos. A Figura 2 mostra a variabilidade espaço-temporal na concentração de *E. coli* para as amostras de superfície e profundidade no interior do reservatório e no rio principal. A média geométrica de organismos encontrados foi 56 NMP/100mL (± 5394), com um valor máximo registrado de 36140 NMP/100mL.

Algumas diferenças sazonais na densidade de *E. coli* foram encontradas no reservatório do Vacacaí Mirim. Valores elevados e semelhantes foram diagnosticados na campanha de jan/2010, devido, provavelmente às altas vazões dos tributários neste período. Em todos os pontos de coleta, as amostras, no final do verão, demonstraram uma redução significativa no número destas bactérias. Em contraposição, no período de inverno (baixas temperaturas), através das campanhas de junho e agosto, percebe-se um leve aumento desses organismos. Segundo An *et al* (2002), o decaimento das bactérias fecais parece ser mais rápido em elevadas temperaturas. Dessa forma, temperaturas mais baixas favoreceriam sua sobrevivência por um período maior.

Espacialmente, tem-se observado uma significativa redução no número de *E. coli*, na medida em que os pontos de coleta se afastam do exutório do rio principal, pelo fato de haver uma maior diluição da carga microbiana e o próprio decaimento bacteriano. De acordo com An *et al* (2002), o decaimento de coliformes termotolerantes é influenciado por vários fatores ambientais. A taxa de mortandade aumenta com o aumento da temperatura, elevação do pH, e níveis mais altos de oxigênio dissolvido, privação de nutrientes, competição com os microrganismos nativos e predação por protozoários, ou mesmo a inativação pela luz solar.

O ponto P1, por situar-se no rio principal, encontra importantes focos de poluição pontual, onde desemboca parte da rede de drenagem urbana com lançamentos de efluente doméstico *in natura*. Isso, obviamente, explica o número de bactérias entéricas, amplamente superior a dos outros pontos (Figura 2).

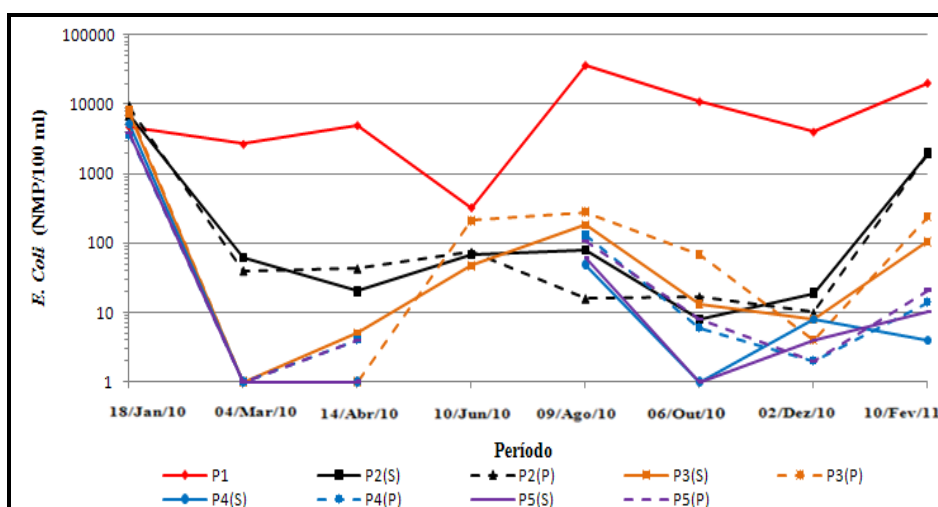


Figura 2: Variabilidade espaço-temporal na contagem de *E. coli* para as amostras de superfície e profundidade no interior do reservatório e no rio principal.

Por outro lado, houve um leve aumento do número de *E. coli* nas amostras de profundidade, provavelmente devido à sua associação com partículas. Para Alm *et al* (2003), os sedimentos aquáticos são um reservatório bem conhecido de microrganismos entéricos, pois ali persistem condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Os coliformes na água são predominantemente removidos por adsorção em partículas e posterior sedimentação, portanto, normalmente se acumulam no sedimento. Crabill *et al* (1999) também interpreta os sedimentos como uma “fonte” significativa de poluição. Bactérias fecais, que são incapazes de persistir na água podem encontrar na areia e nos sedimentos condições de sobrevivência mais propícias.

A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS AMBIENTAIS

Muitas variáveis ambientais afetam a abundância de bactérias indicadoras de contaminação fecal na água. Neste trabalho, a inter-relação entre a contagem de *E. coli* e algumas variáveis hidrológicas apresentam um comportamento diferente em função do ponto. A Tabela 1 apresenta os resultados da análise estatística da correlação entre a vazão afluente, a precipitação acumulada nos últimos 7 dias e a flutuação do nível *versus* a variação de *E. coli*.

Os pontos P2, P3, P4 e P5, independentemente se, em amostras de superfície ou de profundidade, apresentam alta correlação positiva com o aumento das vazões, sempre com valores de $r > 0,944$. O ponto P1, porém,

apresenta uma relação muito fraca com o aumento de vazão ($r = 0,120$). Estas duas situações antagônicas explicam-se pelo fato de que o aumento de vazão no ponto P1 provoca uma maior diluição na carga microbiana. Já nos pontos característicos de ambiente lântico, aliado às impurezas carregadas pela parcela do escoamento superficial, o aumento no fluxo da vazão dos rios afluentes pode quebrar a estabilidade da coluna de água do reservatório, através de sua agitação, o que ocasiona a ressuspensão dos sedimentos de fundo. Isso resulta em aumento da concentração de coliformes na água do lago (Alm *et al*, 2003; Lee *et al*, 2006).

As bactérias fecais são conhecidas por terem uma sobrevivência maior quando em associação com partículas de sedimentos. A figura 3 mostra a correlação entre a variação de *E. coli* com o aumento de Sólidos em Suspensão na água do reservatório, geralmente promovidos durante eventos de precipitação e vazão que perturbam os sedimentos relançando bactérias associadas aos sólidos na coluna de água. A correlação significativa ($R^2 = 0,779$) entre os Sólidos em Suspensão e a abundância de bactérias *E. coli* não é surpreendente. Segundo Mallin *et al* (2000), o transporte de bactérias fecais através dos sedimentos em suspensão é um mecanismo importante nos ambientes aquáticos.

A variação na contagem de *E. coli* em função da precipitação acumulada nos últimos 7 dias apresentou um comportamento similar ao verificado pela vazão afluente. Este comportamento já era esperado, já que a própria vazão dos rios deriva do escoamento de base mais escoamento superficial. Este é originado da precipitação que não infiltra no solo, carregando consigo material particulado e substâncias diversas das superfícies urbanas, agrícolas, e até mesmo da vida silvestre, introduzindo-as na rede de drenagem e posteriormente no reservatório, fazendo com que seus níveis aumentem consideravelmente nos períodos chuvosos. Muyodi *et al*. (2009), destacam a grande variabilidade de coliformes entre as estações seca e úmida. Seus estudos relataram que nos eventos chuvosos a contagem de coliformes é significativamente maior do que em períodos secos. A ocorrência de aumento nos valores de *E. coli* durante os períodos de maior precipitação tem sido observada também por Lee *et al* (2006) nas praias da baía de Santa Monica.

Ao se analisar as correlações com o abaixamento do nível, percebe-se que os coeficientes inicialmente altos no ponto 2, tornam-se inexpressivos na medida em que a profundidade aumenta, na direção dos pontos 3, 4 e 5. Assim, verifica-se que a redução do nível afeta principalmente as regiões do reservatório que vão se tornando mais rasas. Com o abaixamento do nível, a ação do vento que promove turbulência na superfície, pode ser forte o suficiente a ponto de alcançar a camada de sedimentos, ressuspensando-os, fazendo com que aumentem os níveis de microorganismos na água.

Tabela 1: Coeficientes de correlação (Pearson) das análises entre algumas variáveis hidrológicas e a variação de *E. coli* na água do reservatório.

VARIÁVEIS	P1	P2(S)	P2(P)	P3(S)	P3(P)	P4(S)	P4(P)	P5(S)	P5(P)
Vazão Afluente	-0,120	0,944	0,963	0,992	0,993	0,991	0,993	0,992	0,992
Prec. Acumulada	-0,128	0,989	0,985	0,944	0,949	0,946	0,944	0,946	0,946
Variação de Nível		0,839	0,852	0,078	0,265	-0,356	-0,328	-0,273	-0,257

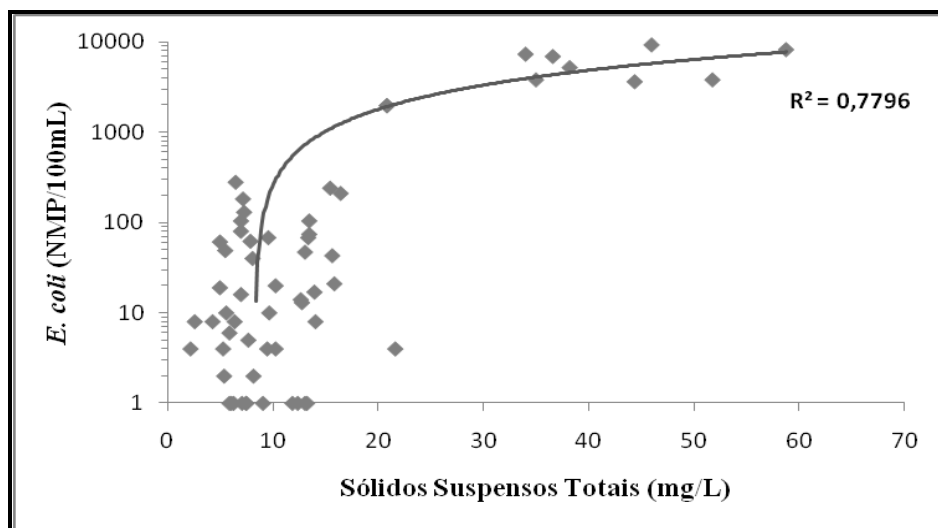


Figura 3: Diagrama de dispersão da concentração de SST e *E. coli*.

Impactos das fontes poluentes variam de acordo com fatores demográficos e uso da terra. Neste sentido, o avanço da área urbana nas margens e à montante do reservatório do Vacacaí Mirim é muito prejudicial e desfavorável à manutenção da qualidade de suas águas, pois além do lançamento direto e pontual de efluentes domésticos não tratados há o agravamento provocado pela carga de lavagem das superfícies urbanas. Vários trabalhos corroboram com exemplos típicos de outras regiões. Os estudos de Bachoon *et al* (2009) em dois reservatórios no estado da Geórgia (EUA) apontam um nível de poluição fecal maior nas regiões dos lagos afetadas por áreas urbanas e agrícolas. Mallin *et al* (2000) demonstraram que a abundância de coliformes termotolerantes é significativamente correlacionada com o tamanho população das bacias hidrográficas, e ainda mais fortemente correlacionada com o percentual de cobertura de superfície impermeável urbana de cada bacia. Estas superfícies concentram e transportam os excrementos depositados por aves, roedores, animais domésticos como cães, gatos e cavalos e outros animais selvagens, através do escoamento, durante eventos de precipitação.

CURVA DE PERMANÊNCIA DE QUALIDADE E LEGISLAÇÃO

A proteção dos mananciais é a melhor maneira de ser assegurada a qualidade da água para consumo humano e o equilíbrio da vida que nela habita, ou que dela depende. A legislação brasileira regulamentada pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000 estipula valores máximos de parâmetros e condições que devem ser respeitadas, para a proteção da qualidade da água e garantia dos usos previstos. Os valores de Coliformes Termotolerantes ou *Escherichia coli* vêm sendo utilizados como parâmetro de enquadramento dos corpos d'água.

A Figura 4 mostra a curva de permanência de qualidade d'água para o parâmetro *E. coli*. Observa-se que, em aproximadamente 74% do tempo a quantidade de *Escherichia coli* permanece abaixo de 1000 NMP/100 mL correspondente a classe 2 da Resolução CONAMA 357 de 2005. Da mesma forma, em 84% do tempo a contagem de *E. coli* é inferior a 4000 NMP/100mL, portanto classificada na classe 3. E, finalmente, em 16% do tempo a contagem de *E. coli* ultrapassa os limites estabelecidos para a classe 3, enquadrando-se, portanto, na classe 4, o que o tornaria impróprio para fins de abastecimento podendo ser destinado somente à navegação e harmonia paisagística. Entretanto, considerando-se que a captação da água de abastecimento localiza-se no ponto P4, percebe-se que apenas uma amostra deste ponto excedeu o limite da classe 3 (Figura 2), atingindo 5172 NMP/100mL. Este resultado corresponde à primeira campanha, desenvolvida durante intenso período chuvoso. Assim, em condições estáveis da massa de água, as condições para manutenção da classe 3 seriam plenamente atendidas.

A Resolução CONAMA N°274/00 classifica os corpos d'água como próprio ou impróprio para recreação de contato primário, como natação, por exemplo; avaliando parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade. Como nos arredores do lago encontra-se um clube recreacional, fez-

se uso dessa resolução, e constatou-se que em aproximadamente 75% do tempo o reservatório é próprio para esse tipo de recreação, pois com uma quantidade de até 800 NMP/100 mL de *Escherichia coli* apresenta condições satisfatórias de balneabilidade.

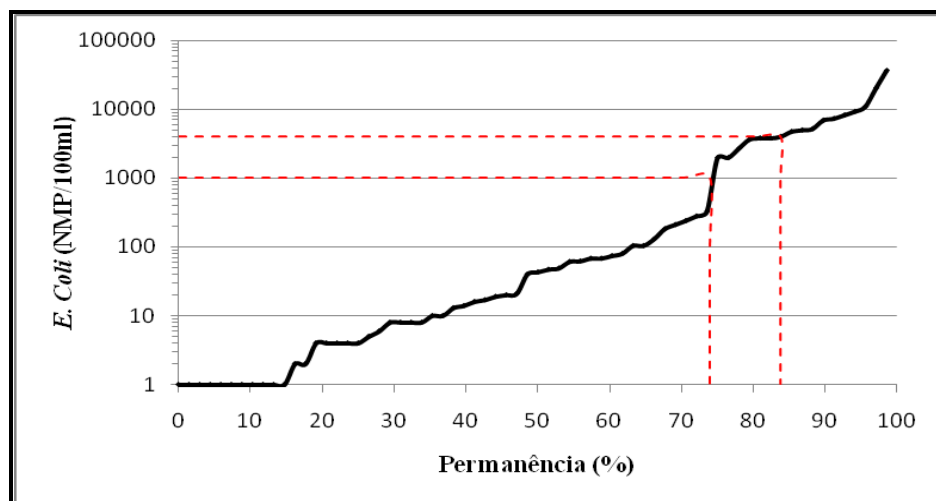


Figura 4: Curva de permanência de qualidade d'água para o parâmetro *E. coli*.

CONCLUSÃO

O escoamento superficial é um dos fatores que mais contribui para a mudança da qualidade microbiológica da água no interior do reservatório, devido ao arraste de excretas humanas e animais, além do aumento do fluxo de vazão dos afluentes que provocam turbulência na coluna d'água ressuspensando os sedimentos e aumentando a concentração de coliformes na coluna de água. Nas amostras de profundidade houve um leve aumento no número de *E. coli*, provavelmente devido à sua associação com partículas em sedimentação.

Tem-se observado uma significativa redução no número de *E. coli*, na medida em que os pontos de coleta se afastam do exutório do rio principal, pelo fato de haver uma maior diluição da carga microbiana e o próprio decaimento bacteriano. O ponto P1 por estar mais próximo da principal fonte de poluição pontual, apresenta as maiores contagens de *E. coli*.

As análises de correlação entre algumas variáveis hidrológicas ambientais mostraram que em todos os pontos no interior do reservatório, os valores de *E. coli* estão mais condicionados a eventos precipitação do que a variação sazonal de temperatura. Já o ponto P1, está mais sujeito às variações da descarga de esgoto doméstico do que a eventos de precipitação, visto que seus picos de concentração de *E. coli* são inversamente proporcionais ao aumento de vazão. Uma associação significativa ($R^2 = 0,779$) entre o aumento de *E. coli* e partículas suspensas também foi demonstrado.

O número de *Escherichia coli* inspira preocupação visto que em 16% do tempo ultrapassa os limites estabelecidos para a classe 3 da Res. CONAMA N°357/05 tornando a água imprópria para abastecimento e recreação. Entretanto, como a captação da água de abastecimento ocorre no ponto P4, percebe-se que apenas uma amostra excede o limite da classe 3, resultado correspondente à primeira campanha, desenvolvida durante intenso período chuvoso. Assim, em condições estáveis da massa de água, a classe 3 seria plenamente satisfeita.

Atenção especial deve-se ter nos momentos de alta precipitação e vazão, em que geralmente é observada uma contagem maior de *E. coli*, e no rio principal (Ponto 1) por receber contribuição direta de efluentes. Como o abastecimento humano é o uso prioritário do reservatório recomenda-se que não sejam desenvolvidas atividades recreacionais que promovam agitação da água e conseqüentemente ressuspensão de bactérias coliformes associadas aos sedimentos. Da mesma forma, torna-se necessário o controle e a ordenação do uso e ocupação do solo na bacia, bem como uma adequação nas emissões de efluentes através de tratamento adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALM, E.W.; BURKE, J.; SPAIN, A. Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches. *Water Research*, 37, p.3978–3982, 2003.
2. AN, Y.J.; KAMPBEL, D.H.; BREIDENBACH, G.P. *Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas. *Environmental Pollution*, 120, p.771–778, 2002.
3. APHA - American Public Health Association. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21 ed. Washington DC, 2005.
4. BACHOON, D.S.; NICHOLS, T.W.; MANOYLOV, K.M.; OETTER, D.R. Assessment of faecal pollution and relative algal abundances in Lakes Oconee and Sinclair, Georgia, USA. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.14: p.139–149, 2009.
5. BYAPPANAHALLI, M.N.; WHITMAN, R.L.; SHIVELY, D.A.; SADOWSKY, M.J.; ISHII, S. Population structure, persistence, and seasonality of autochthonous *Escherichia coli* in temperate, coastal forest soil from a Great Lakes watershed. *Environmental Microbiology*. 8(3), p.504–513, 2006.
6. CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. 1ª ed. São Paulo. 1987.
7. CRABILL, C.; DONALD, R.; SNELLING, J.; FOUST, R.; SOUTHAM, G. The impact of sediment fecal coliform reservoirs on seasonal water quality in Oak Creek, Arizona. *Water Research*, v.33, n.9: p.2163–2171, 1999.
8. LEE, C.M.; LIN, T.Y.; LIN, C.C.; KOHBODI, G.A.; BHATT, A.; LEE, R.; JAY, J.A. Persistence of fecal indicator bacteria in Santa Monica Bay beach sediments. *Water Research*, n.40, p.2593–2602, 2006.
9. MALLIN, M.A.; WILLIAMS, K.E.; ESHAM, E.C.; LOWE, R.P. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological Applications*, 10(4), p.1047–1056, 2000.
10. MUYODI, F.J.; HECKY, R.; KITAMIRIKE, J.M. ODONG, R. Trends in health risks from water-related diseases and cyanotoxins in Ugandan portion of Lake Victoria basin. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. v.14: p.247–257, 2009.
11. VASCONCELLOS, F.C. da S.; IGANCI, J.R.V.; RIBEIRO, G.A. Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. *Arq. Inst. Biol.* v.73, n.2, p.177–181, 2006.
12. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. DESA – UFMG. Minas Gerais, 2005.