
Probabilidade de atendimento aos padrões de qualidade da água no rio Vacacaí-Mirim, Santa Maria-RS

Probability of meeting the water quality standards in the Vacacaí –Mirim River, Santa Maria – RS

Marielle Medeiros de Souza, Maria do Carmo Cauduro Gastaldini e Ronaldo Kanopf de Araújo

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Santa Maria, RS, Brasil

mariellers@yahoo.com.br, mcarmocg@gmail.com, Ronaldo.kanopf@gmail.com

Recebido: 25/03/15 - Revisado: 11/05/15 - Aceito: 29/06/15

RESUMO

A qualidade e quantidade da água disponível para usos múltiplos dependem dos serviços ambientais, do equilíbrio ecológico e das atividades humanas. O presente estudo descreve uma abordagem para avaliar os parâmetros de qualidade da água em função da probabilidade de atendimento em relação às classes de qualidade, associadas aos riscos de não atendimento de acordo com a legislação vigente. Foram analisados parâmetros de qualidade da água coletados em períodos sem a presença de precipitação no rio Vacacaí-Mirim no município de Santa Maria-RS, em sub-bacias hidrográficas de diferentes usos do solo e números de habitantes. Constatou-se que a bacia hidrográfica de área mais preservada com mata nativa e campo atende a legislação CONAMA 357/05 para a Classe 3 para todos os parâmetros de qualidade da água analisados. No entanto, a área com maior influência de urbanização, elevado percentual impermeável e número de habitantes não atende, em muitos parâmetros, as classes da legislação vigente.

Palavras Chave: Probabilidade de qualidade da água. Atividades antrópicas. Degradação ambiental.

ABSTRACT

The water quality and quantity available for multiple uses depend on environmental services, ecological balance and human activities. This study describes an approach to evaluate the water quality parameters according to the compatibility probability in relation to quality classes associated with risk of violation according to current legislation. Water quality parameters collected in periods without precipitation in the Vacacaí-Mirim River in Santa Maria-RS in sub-basins with different land uses and number of inhabitants were analyzed. The best preserved catchment area with native forest and grassland complies with CONAMA 357/05 legislation for Class III 3 in almost all quality parameters but total coliforms. However, the area with the greatest influence of urbanization, high percentage of imperviousness and number of inhabitants does not meet the classes of current legislation in many parameters.

Keywords: Probability of water quality. Anthropogenic activities. Environmental degradation.

INTRODUÇÃO

A qualidade e quantidade de água de um rio, em seu sistema natural, proporcionam aos seres humanos uma variedade de ecossistemas, bens e serviços. No entanto, a integridade de tais sistemas tem sido diminuída devido às atividades humanas, à poluição difusa e à invasão de espécies não nativas em um curso fluvial (GILVEAR; SPRAY; CASAS-MULET, 2013).

São inúmeras as atividades humanas que acarretam impactos negativos no corpo receptor, tais como: a retirada de vegetação das cabeceiras dos rios e de divisores de água, o cultivo de lavouras e pastagens em locais inapropriados, a aplicação de agrotóxicos, a disposição inadequada de resíduos sólidos e efluentes líquidos domésticos. Essas atividades diárias geram poluição por fontes pontuais e difusas em torno do corpo receptor, provocando um desequilíbrio ambiental na qualidade da água prejudicada por fatores antropogênicos, ocasionando a intensificação do aumento da concentração de poluentes no curso hídrico.

Quanto mais se intensificam os usos da bacia hidrográfica, mais importante se torna a realização sistemática de um monitoramento que permita avaliar e caracterizar a qualidade das suas águas, de modo a garantir um padrão aceitável para utilização, bem como estabelecer medidas de controle e gerenciamento dos recursos disponíveis. A eficácia das ações de gestão não pode ser avaliada sem o acompanhamento e análise de resultados de monitoramento da qualidade e quantidade das águas do curso hídrico. Necessita-se primeiramente de um banco de dados de análises laboratoriais para pesquisadores e profissionais desenvolverem ferramentas de gestão eficiente (BRIERLEY et al., 2010).

Brierley et al. (2010) ainda afirmam que a eficácia da gestão pode ser avaliada informando as diferenças entre “o que estava lá”, “o que está lá agora” e o “que se espera”, determinando o porque uma transição ocorreu e que fatores influenciaram na degradação. Esta informação fornece uma visão crítica sobre a eficácia de ações de gestão, orientando revisões para gestão prática e avanços científicos.

A curva de probabilidade tem sido utilizada para oferecer subsídios no monitoramento ambiental e ao enquadramento dos

curtos d'água, assim como a curva de permanência de vazões, ambas atribuem um nível de probabilidade de excedência a um determinado evento e, por essa razão podem ser úteis nos estudos ambientais. (CUNHA, CALIJURI, 2010; CUNHA; CALIJURI; MENDIONDO, 2012).

A bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim selecionada para este estudo é de grande importância para a cidade de Santa Maria, pois possui sub-bacias de contribuição ao reservatório de abastecimento doméstico. A barragem do Rio Vacacaí-Mirim, construída no Bairro Campestre do Menino Deus pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) é responsável por 40% do abastecimento de água do município, sendo também um local de recreação de contato primário, pois está situado um clube de lazer em suas margens.

Sendo assim, teve-se como objetivo neste estudo relacionar as curvas de probabilidade dos parâmetros de qualidade da água com o atendimento às classes da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005. As variáveis de qualidade da água analisadas foram: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, *Escherichia coli* e sólidos dissolvidos. As amostras de água foram coletadas em condições de ausência de precipitação pluviométrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo tem como base a bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul. A bacia está situada entre as coordenadas geográficas 53° 46' 30" a 53° 49' 29" de longitude Oeste e 29° 36' 55" a 29° 39' 50" de latitude Sul, abrangendo uma área total de 1145,7 Km².

Foram selecionadas quatro estações de monitoramento de características distintas do rio Vacacaí-Mirim, denominadas: Rancho do Amaral, Menino Deus II, Menino Deus IV (caracterizadas como rurais) e Alto da Colina (com características urbanas).

Na figura 1 ilustram-se a localização geográfica das sub-bacias, das estações de monitoramento fluviométricas e imagens das seções de monitoramento.

Tabela 1 - Características físicas das bacias hidrográficas nos anos de monitoramento.

Bacia Hidrográfica	Rancho do Amaral (2008)	Menino Deus IV (2012)	Menino Deus II (2012)	Alto da Colina (2008)
Área (Km ²)	4,5	18,6	5,0	2,0
Mata Nativa (%)	55,8	56,6	63,8	17,3
Campo (%)	39,6	37,3	24,4	14,8
Agricultura (%)	3,6	5,3	8,5	50,0
Impermeável (%)	-	0,3	3,2	17,4
População (hab)	190	910	440	1800
População (hab/km ²)	42	49	88	900

Fonte: Souza e Gastaldini (2014)

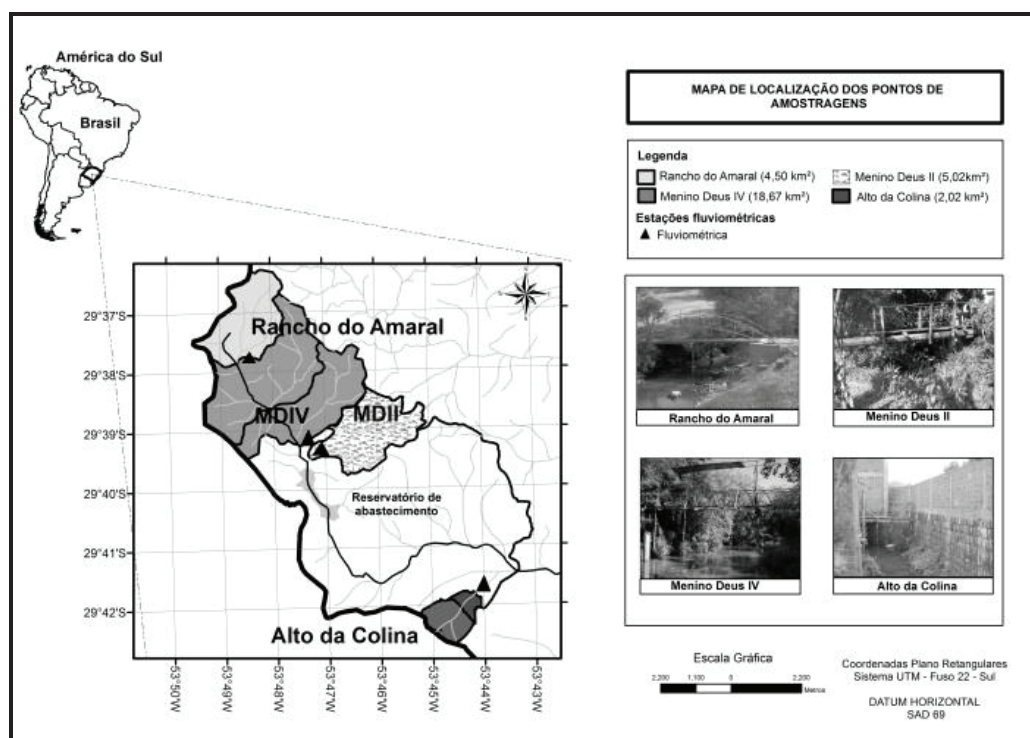


Figura 1 - Estações de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim

Os dados utilizados para análise nas bacias Rancho do Amaral e Alto da Colina foram obtidos do monitoramento realizado no período de março a setembro de 2008. As bacias Menino Deus II e Menino Deus IV, afluentes ao reservatório de abastecimento de água de Santa Maria, foram monitoradas no período de outubro de 2011 a julho de 2012.

Na tabela 1 apresenta-se um resumo das características de uso do solo das bacias hidrográficas monitoradas e o ano de monitoramento das estações. A bacia hidrográfica Menino Deus IV apresenta maior área (18,6 km²) em relação às demais. A bacia Menino Deus II possui maior percentual de mata nativa e a bacia Alto da Colina, apesar de possuir menor área, apresenta maior percentual de área impermeável, de área agrícola e de densidade populacional.

Para realização do presente estudo foram realizadas ao todo 106 coletas manuais de amostras para análise dos seguintes parâmetros de qualidade da água: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, *Escherichia coli* e sólidos dissolvidos em períodos sem ocorrência de eventos de precipitação pluviométrica.

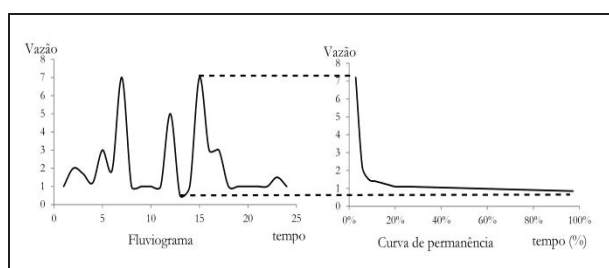


Figura 2 – Representação do fluviograma e da curva de permanência. QUIMPO; McNALLY (1983)

Além disso, foram realizadas medições dos perfis de velocidades nas estações fluviométricas para determinação das vazões e elaboração da curva de permanência do período de monitoramento de cada seção de estudo. A variação da qualidade da água depende do regime de vazões de um rio, uma vez que as mesmas influenciam na capacidade de autodepuração do corpo hídrico.

As curvas de permanência são curvas de frequência comumente empregadas para descrever a vazão de um determinado sistema aquático, de acordo com a abordagem quantitativa, isto é, fornecem uma visualização gráfica do comportamento hidrológico das bacias monitoradas, quanto à variabilidade das vazões ao longo do tempo, obtendo-se a porcentagem de tempo em que uma dada vazão é igualada ou superada num período. A figura 2 ilustra esquematicamente uma curva de permanência das vazões.

A partir das concentrações obtidas nas coletas de amostras de cada sub-bacia hidrográfica foram construídas as curvas de probabilidade de cada variável em relação ao estabelecido pela resolução do CONANA 357/05. Para isso, foi utilizada a função de distribuição acumulada, capaz de descrever a distribuição da probabilidade de uma variável aleatória de valor real X .

Desse modo, o valor da função de distribuição acumulada $[F(x)]$ é, para cada número real x , dada de acordo com a Equação 1.

$$F(x) = P(X \leq x) \quad \text{Equação 1}$$

Nesse caso, $P(X \leq x)$ representa a probabilidade de que a variável X resulte em um valor inferior ou igual a x . A probabilidade de interesse nesta pesquisa referiu-se, nos casos

Tabela 2 – Padrões de qualidade da água para as classes da Resolução CONAMA no 375/05

Parâmetros de qualidade da água	Unidade	Padrões de qualidade das águas – Classes			
		1	2	3	4
Turbidez	UNT	≤ 40	≤ 100	≤ 100	-
pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
OD	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
DBO ₅	mg/L	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-
Sólidos totais	mg/L	≤ 500	≤ 500	≤ 500	-
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	≤ 200	≤ 1000 ¹	≤ 4000 ²	-

Fonte: Brasil (2005)

Notas: (-) limite não citado pela Resolução.

1 Para recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA n° 274/00.

2 Para recreação de contato secundário (≤2500 NMP/100mL), dessedentação de animais criados confinados (≤1000 NMP/100mL).

de não atendimento ou de atendimento em relação a legislação vigente (classes de usos da água). Cunha e Calijuri (2010) utilizaram o mesmo método para determinar a variabilidade dos parâmetros de qualidade da água em relação a Classe 2 da CONAMA 357/05 no rio Pariquera-Açu (SP).

As características físicas das bacias hidrográficas foram determinadas por Souza e Gastaldini (2014). O uso do solo é um dos fatores mais impactantes na qualidade da água dos rios. Um exemplo é a bacia hidrográfica Alto da Colina, que apresenta maior percentual de área impermeável, que influencia significativamente no escoamento superficial de poluentes para os cursos d'água.

Os padrões de qualidade da água para as classes da Resolução CONAMA no 375/05 para as variáveis de qualidade da água analisadas são apresentados na Tabela 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das medições fluviométricas foi possível elaborar as curvas de permanência de vazões médias diárias de cada bacia hidrográfica no período de monitoramento, as quais estão ilustradas na figura 3.

Apesar da ocorrência de baixa probabilidade (10%) de vazões elevadas, nas quatro bacias, é de fundamental importância a obtenção de dados relacionados aos fenômenos da carga de lavagem. Normalmente a carga de lavagem ocorre antes do pico

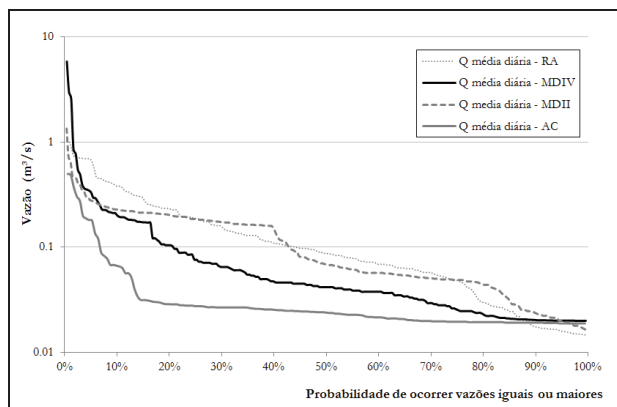


Figura 3 – Curva de permanência de vazão para as bacias hidrográficas monitoradas

da vazão onde todos os poluentes prontamente disponíveis sobre o solo são “lavados” e carreados ao rio (QIN; KHU; HU, 2010).

A partir da avaliação qualitativa foram elaboradas as curvas de probabilidades das seguintes variáveis de qualidade da água: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, DBO_{5,20}, Escherichia coli e sólidos dissolvidos; e relacionando-as com os valores limites estipulados pela Resolução CONAMA n° 357/05 para as classes de enquadramento.

Foram analisadas 106 amostras, distribuídas para cada sub-bacia de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 . Número de amostras realizadas para cada sub-bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim – RS

Bacia Hidrográfica	Nº de amostras coletadas
Rancho do Amaral	13
Menino Deus II	40
Menino Deus IV	40
Alto da Colina	13

Conforme a figura 4 o parâmetro pH apresentou uma probabilidade de 91% de atendimento das classes 1, 2 e 3 nas quatro bacias hidrográficas analisadas, conforme a Resolução do CONAMA n° 357/05. Segundo a legislação o pH pode variar entre 6 a 9 para as classes 1, 2 e 3.

Na bacia hidrográfica MDII, com características rurais, ocorreu maior variação em relação ao pH, com ocorrência tanto

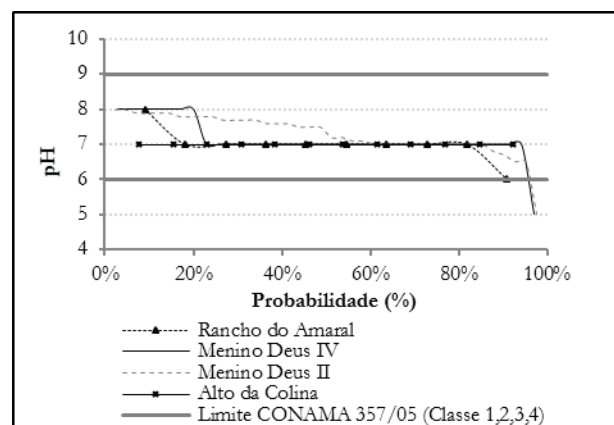


Figura 4 – Curva de probabilidade para a variável pH

de valores mais alcalinos como mais ácidos. Comparando-se a bacia hidrográfica MDIV com a MDII, que possui maiores percentagens de áreas agrícolas e impermeável, conclui-se, que estes usos do solo proporcionaram maior variação do pH, decorrente das cargas difusas geradas.

Em relação à condutividade elétrica, os maiores valores verificados ocorreram na bacia hidrográfica Alto da Colina, que recebe despejos domésticos sem tratamento e possui atividades agrícolas ao longo do curso d'água de forma mais intensa, aumentando as concentrações iônicas nas águas (Figura 5). Na área urbana, bacia Alto da Colina foram encontrados altos valores de condutividade elétrica em comparação às outras bacias hidrográficas, chegando a mais de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que é típico de áreas impactadas pelas atividades antrópicas. Alves et al. (2013) analisaram dez pontos ao longo do rio Ribeirão Preto, em São Paulo, com influências de urbanização, em áreas rurais, bem como em áreas verdes (preservadas). Neste estudo, as áreas mais impactadas também apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica e estavam sob influência da urbanização e do lançamento de efluentes líquidos domésticos.

Nas bacias hidrográficas MDII e MDIV há probabilidade de apenas 3% e 5%, respectivamente, para o não atendimento à classe 3 da resolução do CONAMA no 357/05 para o parâmetro turbidez, conforme se ilustra na figura 6. Devido às práticas agrícolas que ocorrem nessas duas bacias, caracterizadas pelo plantio próximo ao leito do rio e pela devastação da mata nativa, existe a influência do aumento de erosão e perda de solo na turbidez da água. Coincidentemente as bacias MDII e MDIV são aquelas que apresentam as maiores áreas superficiais.

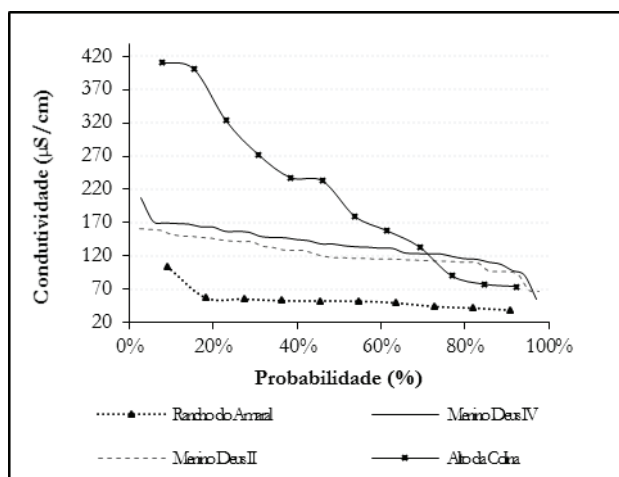


Figura 5 – Curva de probabilidade para a variável condutividade elétrica

Conforme a Resolução, a concentração de OD não deve ser inferior a 5 mg/L para a Classe 2, sendo este um elemento essencial para o metabolismo de seres aeróbicos aquáticos. Em água corrente, em condições naturais, o teor de oxigênio dissolvido é elevado e varia ao longo do corpo hídrico, devido a mudanças nas características de cursos de água, como um resultado do ambiente e das condições climáticas (RIXEN et al., 2010). Nas amostras analisadas encontraram-se valores elevados de OD com exceção da bacia hidrográfica Alto da Colina (Fi-

gura 7), evidenciando que as águas dos rios da região de estudo podem ser consideradas em condições naturais.

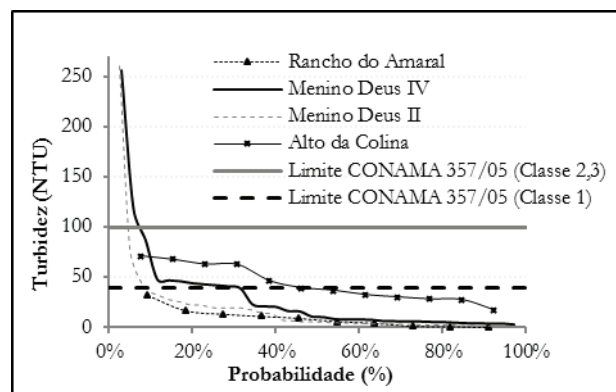


Figura 6 – Curva de probabilidade para a variável turbidez.

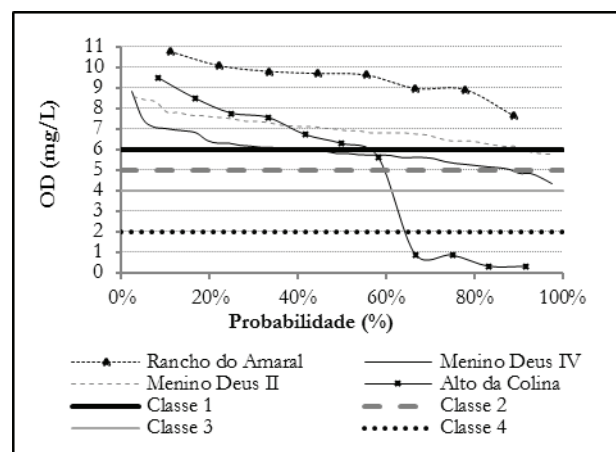


Figura 7 – Curva de probabilidade para a variável Oxigênio Dissolvido

A bacia hidrográfica Rancho do Amaral com maior percentual de áreas verdes apresentou os maiores valores de OD, com probabilidade de atendimento de 100% da concentração da classe 1, de 6 mg/L. Para as bacias MD II, MD IV e Alto da Colina as probabilidades de atendimento da classe 1 foram de 87%, 40% e 60%, respectivamente.

Para a classe 2 ($\text{OD} \geq 5 \text{ mg/L}$) há uma probabilidade de atendimento de 100% para as bacias Rancho do Amaral e MD II. Para MD IV foi de 40% e para Alto da Colina foi de 60%. Para a classe 3 ($\text{OD} \geq 4 \text{ mg/L}$) há uma probabilidade de 100% de atendimento para as bacias Rancho do Amaral, MD II e MD IV. Para Alto da Colina foi de 58% a probabilidade de atendimento à classe 3. Para a classe 4 ($\text{OD} \geq 2 \text{ mg/L}$) há uma probabilidade de aproximadamente 67% de atendimento para a bacia hidrográfica Alto da Colina e de 100% para as demais bacias hidrográficas.

Essa mesma contribuição de carga de matéria orgânica foi verificada por Alves et al. (2013), que encontraram ao longo do rio Ribeirão Preto, em São Paulo, as menores concentrações de OD em pontos onde há a influência da urbanização, situação comprovada pelo escoamento de efluente doméstico, como

aconteceu na bacia Alto da Colina, que está sob influência da urbanização e apresenta maior número de habitantes.

Para o parâmetro $DBO_{5,20}$ (Figura 8) somente para a bacia hidrográfica Rancho do Amaral ocorreu uma probabilidade de 100% de atendimento à classe 3 da legislação vigente. Para MD II, MD IV e Alto da Colina as probabilidades foram de 34%, 40% e 46%, respectivamente. Observa-se que as bacias MDII e MDIV, de características rurais, possuem menores probabilidades de atendimento da classe 3 do que a bacia Alto da Colina de características urbanas.

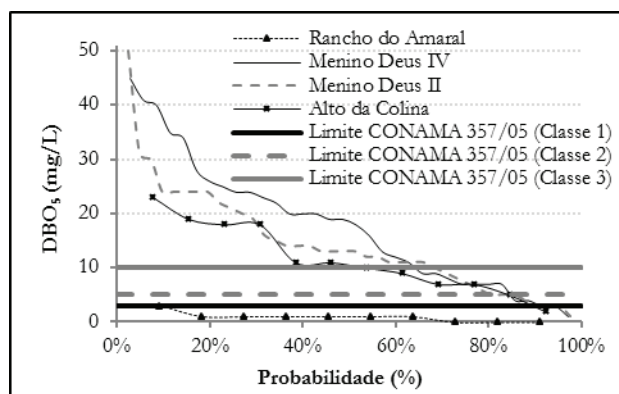


Figura 8 – Curva de probabilidade para a variável DBO_5

Em relação à *Escherichia coli*, há uma probabilidade de no mínimo 73% (Rancho do Amaral) de não atendimento à classe 1 (≤ 200 NMP/100mL). As demais probabilidades de não atendimento são de 85% (MDII), 94% (MDIV) e 100% (Alto da Colina.) Para a classe 2 há uma probabilidade de aproximadamente 35% (Rancho do Amaral) e 70% (Menino Deus II e IV) de não atendimento. Para a classe 3 (≤ 4000 NMP/100mL) há uma probabilidade de 100% de atendimento para a bacia hidrográfica Rancho do Amaral, 50% de atendimento para as bacias MDII e MDIV, e 98% de não atendimento para a bacia hidrográfica Alto da Colina (Figura 9). Segundo Medri et al. (2012) quando a análise acusa a presença de coliformes, isto não quer dizer, que a água esteja contaminada, mas a probabilidade de ocorrência é grande.

Sanders et al. (2013) analisando coliformes totais e *E. coli* na bacia hidrográfica Alto de Santa Cruz no Sul, no Arizona, com influência de efluente doméstico e carga difusa, constataram que em períodos de maior vazão há aumento do número dessas bactérias. No entanto, essas concentrações são muito variáveis especialmente ao longo de córregos urbanos e geralmente aumentam com a ocorrência de eventos de precipitação pluviométrica e vazão (ALVES et al., 2013). Ocorre variabilidade no período de tempo seco devido ao lançamento pontual de efluentes domésticos em todas as quatro bacias estudadas e também devido aos diferentes horários de coleta, que foram tanto pela manhã, quanto pela tarde.

Em relação a *E. coli* nas bacias MDII e MDIV houve uma relação forte nos eixos de probabilidade, isto pode ser explicado pelas coletas terem sido realizadas em mesmo período (manhã/tarde) com lançamento de efluente no mesmo horário. Selvakumar e Borst (2006) analisando a correlação estatística

entre os parâmetros também encontraram correlação significativa. Segundo Hathaway et al. (2010) essas relações podem ser variáveis entre bacias e variar também de acordo com a sazonalidade, sendo importante na determinação de concentrações máximas de *E. coli*.

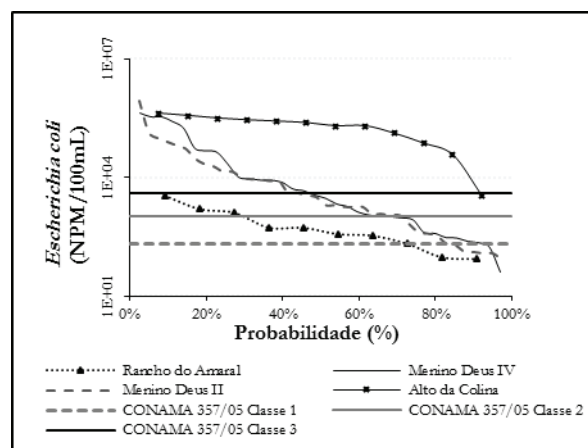


Figura 9 – Curva de probabilidade para a variável *Escherichia coli*

Em relação aos sólidos dissolvidos todas as bacias hidrográficas estão abaixo da Classe 3 (Figura 10). Além disso, observa-se que a probabilidade de ocorrer concentrações elevadas de sólidos dissolvidos é pequena e com predomínio na área rural mesmo tendo sido coletado um número menor de amostras (13 amostras). Regiões que se apresentam favoráveis a desmoronamentos nas margens dos corpos d'água, e em eventos de precipitação, tornam-se mais vulneráveis, como também o transporte de partículas depositadas ao longo da superfície, entre os eventos, também podem aumentar a concentração de sólidos dissolvidos.

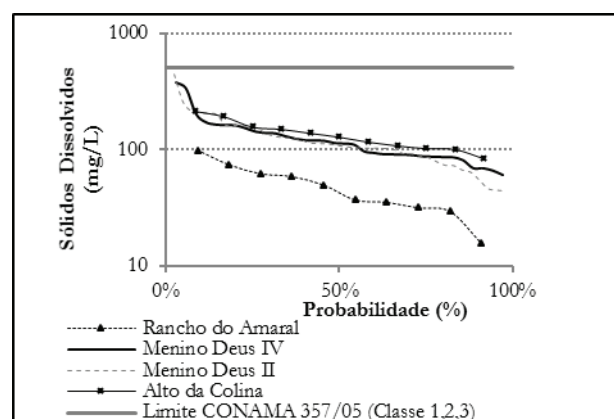


Figura 10 – Curva de probabilidade para a variável Sólidos Dissolvidos

A bacia hidrográfica de área preservada Rancho do Amaral apresentou os menores resultados em relação a sólidos dissolvidos totais.

CONCLUSÃO

A curva de permanência de vazões mostrou probabilidade baixa (10%) de ocorrência de vazões elevadas para todas as bacias hidrográficas, comprovando a importância da avaliação da qualidade da água em eventos de precipitação em que ocorre a carga de lavagem devido à poluição difusa e ao escoamento.

Em geral, todos os parâmetros avaliados mostraram-se dependentes das atividades antrópicas nas bacias hidrográficas, apresentando influência do uso do solo. Isso foi verificado pela relação entre as curvas de probabilidade dos parâmetros de qualidade da água com o atendimento às classes da Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

A bacia hidrográfica Alto da Colina, com maior influência de urbanização, bem como elevado percentual de impermeabilização e maior número de habitantes apresentou resultados acima dos limites estabelecidos na resolução vigente para a maioria dos parâmetros. Este fato é de grande importância para a saúde pública, especialmente no Brasil onde ainda não há uma infraestrutura ideal de saneamento básico.

As amostras de águas superficiais coletadas na área urbana foram as que apresentaram as concentrações mais elevadas para condutividade elétrica e *Escherichia coli*.

Torna-se importante que a administração pública controle o uso e ocupação do solo por meio de legislações e fiscalizações do cumprimento da mesma, garantindo o desenvolvimento sustentável da bacia para todos os usos da água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP pelo financiamento à pesquisa; a CAPES e ao CNPq pelas bolsas de mestrado e de pesquisa concedidas aos autores do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. I. S.; CARDOSO, O. O.; TONANI, K. A. A.; JULIAO, F. C.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Water quality of the Ribeirão Preto Stream, a watercourse under anthropogenic influence in the southeast of Brazil. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 185, n. 2, p. 1151-1161, 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRIERLEY, G.; REID, H.; FRYIRS, K.; TRAHAN, N. What are we monitoring and why? Using geomorphic principles to frame eco-hydrological assessments of river condition. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 9, p. 2025-2033, 2010.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquera – Açu (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17, n.4, out/dez, p.369-376, 2012.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.; MEDIONDO, E. M. Integração entre curvas de permanência de quantidade e qualidade da água como ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, n.4, out/dez, p.337-346, 2010.
- GILVEAR, D. J.; SPRAY, C.; CASAS-MULET, R. River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of Environmental Management*, v. 126, p. 30-43, 2013.
- HATHAWAY, J. M.; HUNT, W. F.; ASCE, M.; SIMMONS, O. D. Statistical evaluation of factors affecting indicator bacteria in urban storm-water runoff. *Journal of Environmental Engineering*, v. 136, n. 12, p. 1360-1368, 2010.
- MEDRI, W.; SOEIRO, J.C.; YOTSUMOTO, A.S.; DALMAS, J.C.; NÓBREGA, M.M. Amostragem probabilística no controle da qualidade da água para o consumo humano. *Semina: Ciências exatas e tecnológicas*, Londrina, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2012.
- QIN, H.; KHU, S.; YU, X. Spatial variations of storm runoff pollution and their correlation with land-use in a rapidly urbanizing catchment in China. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 20, p. 4613–4623, 2010.
- QUIMPO, R. G.; McNALLY, T. A. Regionalized flow duration for Philippines. In: *Journal of Water Resources Planning and Management*. v. 109, n. 04, p. 320-330, 1983.
- RIXEN, T.; BAUM, A.; SEPRYANI, H.; POHLMANN, T.; JOSE, C.; SAMIAJI, J. Dissolved oxygen and its response to eutrophication in a tropical black water river. *Journal of Environmental Management*, v. 91, n. 8, p.1730–1737, 2010.
- SANDERS, E. C.; YUAN, Y.; PITCHFORD, A. Fecal Coliform and *E. coli* concentrations in effluent-dominated streams of the upper Santa Cruz Watershed. *Water*, v. 5, n. 1, p. 243-261, 2013.
- SELVAKUMAR, A.; BORST, M. Variation of microorganism concentrations in urban stormwater runoff with land use and seasons. *Journal of Water and Health*, v. 4, n. 1, p. 109-125, 2006.
- SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.19, n.3, Julh/Set, p.263-274, 2014.

Contribuição dos autores:

Marielle Medeiros de Souza: Concepção da pesquisa, trabalho experimental, análise dos resultados e elaboração do texto

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini: Concepção da pesquisa, orientação do trabalho experimental, análise dos resultados e revisão do artigo.

Ronaldo Kanopf de Araújo: Análise dos resultados e elaboração do texto.