

QUALIDADE DA ÁGUA EM MICRO-BACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS

Gerson Araujo de Medeiros (*), Iris Sayuri Fukuda Tomaz, Admilson Irio Ribeiros, Regina Marcia Longo
Universidade Estadual Paulista - UNESP Campus de Sorocaba, e-mail: gerson@sorocaba.unesp.br.

RESUMO

O estudo das micro-bacias hidrográficas assumem importância nos dias atuais, pois elas alimentam os grandes rios e abrangem um número reduzido de municípios, ou usuários, facilitando a implantação de estratégias de gestão ambiental no meio rural, para a recuperação dos recursos hídricos. Apesar desse entendimento, poucos estudos têm sido realizados de forma sistematizada em micro-bacias hidrográficas, notadamente em áreas rurais brasileiras. A presente proposta visa diagnosticar os recursos hídricos em área de fazenda produtiva, localizada no município de Itu – SP. A metodologia se baseou no levantamento de informações de uso e ocupação do solo, e nos seguintes parâmetros de qualidade da água: nitrogênio total, número mais provável de coliformes totais e de *Escherichia coli*. Os resultados demonstraram uma degradação microbiológica da qualidade da água na saída de um remanescente florestal, provavelmente devido a uma fonte pontual de poluição externa a fazenda, demonstrando a vulnerabilidade dos recursos hídricos locais.

PALAVRAS-CHAVE: gestão ambiental, recursos hídricos, remanescente florestal.

INTRODUÇÃO

A micro-bacia hidrográfica é entendida como uma área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido.

A gestão territorial das micro-bacias hidrográficas pretendem integrar os interesses de todos os segmentos da sociedade em termos de abastecimento, saneamento, habitação, lazer, proteção e conservação do meio ambiente, produtividade, elevação da renda e bem estar de toda a comunidade (Bertoni, Lombardi Neto, 1990).

Apesar da reconhecida importância de estudos dessa natureza, existe uma lacuna de informações na área de recursos hídricos referente às pequenas e micro-bacias hidrográficas (Paiva, 2001).

Nesse contexto, a necessidade de se buscar tratar a questão de recursos hídricos em áreas homogêneas tanto nos aspectos fisiográficos quanto na estrutura sócio econômica, com o envolvimento das comunidades, tem levado ao incremento de programas e projetos em que a micro-bacia hidrográfica é a unidade básica para a gestão ambiental territorial dos municípios, porém a disponibilidade de resultados publicados na literatura brasileira ainda é escassa.

O objetivo do presente trabalho é realizar um diagnóstico dos recursos hídricos em micro-bacias hidrográficas na região de Itu, no Estado de São Paulo, por meio do levantamento de suas características físicas e da avaliação da qualidade da água, como base para se estabelecer estratégias de gestão ambiental regional e rural.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O trabalho em campo foi realizado em micro-bacias localizadas em área de fazenda produtiva de café, na cidade de Itu – SP, em uma área de de 526 hectares.

A cidade de Itu, localizada no sudeste do estado de São Paulo, possui as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 23° 15' 57" Sul; longitude de 47° 17' 57" Oeste, em uma altitude média de 583 metros. Itu está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê, mais precisamente na sub-bacia do Médio Tietê Superior.

A classificação climática para este município, segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa, ou seja, clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 24°C e a do mês mais frio é inferior a 18°C. A precipitação total anual atinge um valor médio de 1.299,6 mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso, alcançando

uma precipitação média de 225,1 mm, enquanto o mês mais seco corresponde a agosto, quando a média atinge 37,8 mm (CEPAGRI, 2013).

Na região de Itu, os principais tipos de solos encontrados pertencem a quatro grandes grupos: argissolos vermelho-amarelos distróficos, textura média/argilosa, argissolos vermelho-amarelos distróficos, textura média cascalhenta/argilosa fase pedregosa e rochosa, argissolos vermelho-amarelos distróficos e eutróficos, textura argilosa cascalhenta não rochosa e rochosa, e latossolos vermelhos distróficos textura argilosa (TORRADO, 2009).

A fazenda apresenta a maior parte de sua área composta por Campo Sujo, o qual pertence ao bioma Cerrado. Esse tipo de vegetação tem por característica arbustos e subarbustos cujas plantas são menos desenvolvidas que as árvores do Cerrado (RIBEIRO, WALTER, 2007). Acrescentem-se os fragmentos de remanescente florestal e revegetação e a área cultivada da fazenda.

Amostragem da qualidade da água

Foram monitorados quatro pontos no interior da fazenda, denominados Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto 4, os quais correspondiam a distintos usos do solo (Figura 1).

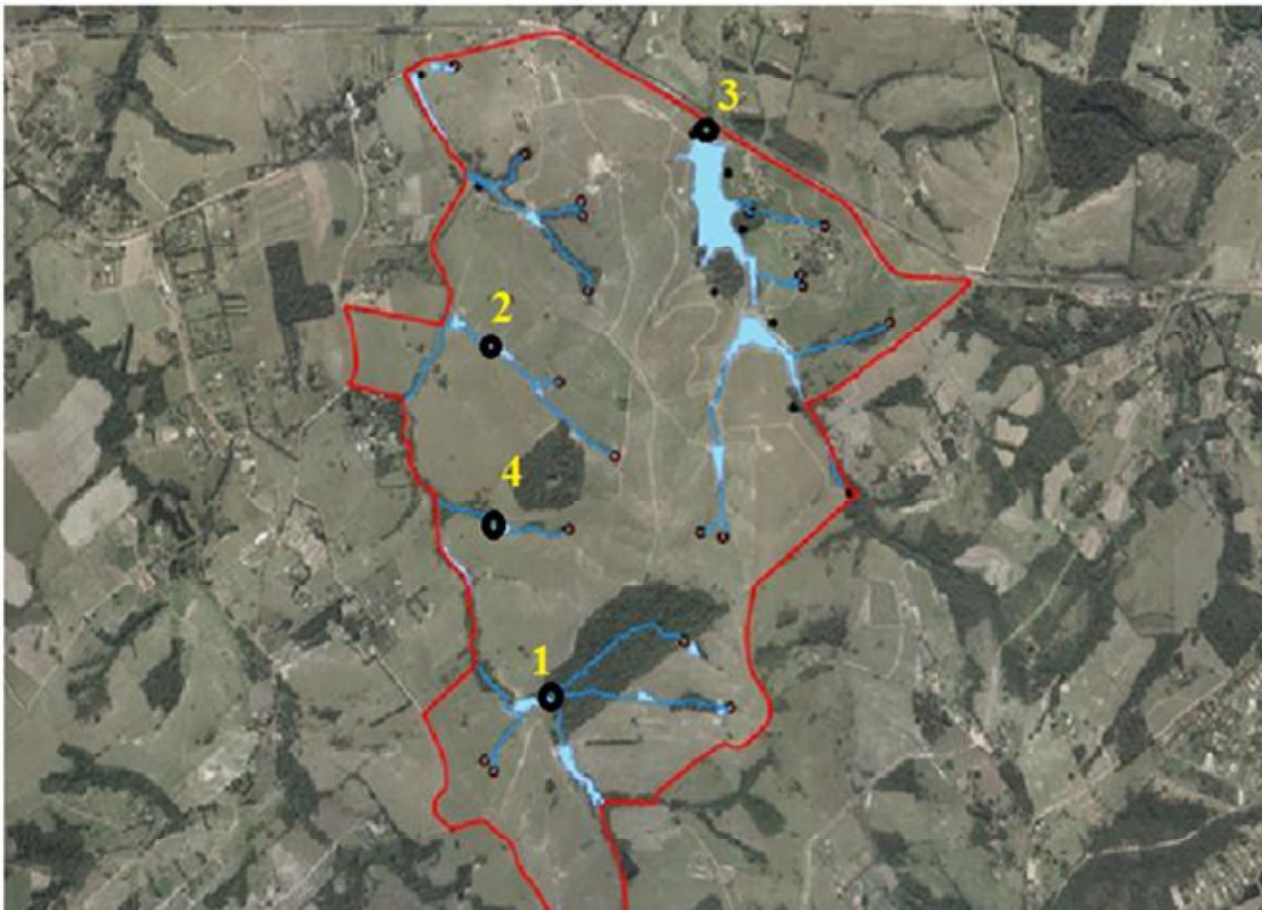


Figura 1. Limite da fazenda do Centro de Experimentos Florestais da Fundação SOS Mata Atlântica - Grupo Schincariol (CEF), com a localização dos pontos de coleta de água.

O Ponto 1 abrange uma micro-bacia composta por um remanescente em grande parte de sua área (Figura 2a); o Ponto 2 delimita uma bacia ocupada com pastagem, denominada de campo sujo (Figura 2b); o Ponto 3 está próximo ao extravasador de uma represa (Figura 2c) e o Ponto 4 corresponde a uma micro-bacia na qual predomina pasto, mas com uma pequena parte de remanescente (Figura 2d).



Figura 2. Visualização dos locais de amostragem de coleta da água na fazenda localizada em Itu - SP, correspondendo ao Ponto 1 (a); Ponto 2 (b); Ponto 3 (c) e Ponto 4 (d) (Fonte: Google, Earth, 2012).

As coordenadas geográficas e altitudes dos pontos selecionados para a avaliação da qualidade da água se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Localização geográfica das seções de monitoramento de qualidade da água no Centro de Experimentos Florestais da Fundação SOS Mata Atlântica - Grupo Schincariol (CEF).

Ponto	Localização geográfica	Altitude
-------	------------------------	----------

1	23 K 253287,35 m E 7426209,78 m S	538 m
2	23 K 253161,49 m E 7427602,00 m S	530 m
3	23 K 254148,79 m E 7428489,85m S	539 m
4	23 K 253106,92 m E 7426922,89 m S	538 m

Os levantamentos de qualidade de água foram realizados mensalmente (março a julho/2012), com exceção do mês de junho.

As análises biológicas incluíram o número mais provável de coliformes totais e *Escherichia coli*. O método do Colilert utiliza a tecnologia de substrato definido (Defined Substrate Technology® (DST®)) para a detecção de coliformes totais e *E. coli* em água.

Segundo IDEXX (2002), após a preparação da amostra, à medida que os coliformes se proliferam no Colilert, eles utilizam β-galactosidase para metabolizar o indicador de nutriente ONPG e mudá-lo de incolor para amarelo. Já o *E.coli* utiliza β-glucuronidase para metabolizar MUG e criar fluorescência.

A interferência pela reprodução dos coliformes não ocorre visto que a maioria dos não coliformes não conta com estas enzimas. Os poucos não coliformes que têm estas enzimas são seletivamente suprimidos pela matriz especificamente formulada do Colilert. Esta abordagem diminui a incidência de falso-positivos e falso-negativos.

O referido método é o mais utilizado por vários países em todo o mundo e tem sido recomendado e utilizado por vários autores em análises de qualidade da água, para as mais diversas aplicações (CARDOSO et al., 2003; BUCKALEW et al., 2006), pois apresenta facilidade no seu manuseio, respostas mais rápida, sendo o tempo de espera para a obtenção do resultado de até 24 horas, e custo menor em relação aos métodos tradicionais.

As análises químicas corresponderam a concentração de nitrogênio total, as quais foram realizadas no Laboratório de Biologia da UNESP, Campus de Sorocaba, o qual dispunha da seguinte infra-estrutura: Espectrofotômetro visível DR 2700 (HACH) e kit para medição de nitrogênio total (HACH) para a determinação de nitrogênio total, seguindo-se a metodologia preconizada pela APHA (1995).

Os resultados das análises dos córregos selecionados do CEF foram comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 375/2005 (BRASIL, 2005) para a classificação de corpos d'água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os locais de amostragem apresentavam características de ambientes lênticos (Figura 3a, 3b, 3c e 3d), sendo alguns de difícil acesso (Figuras 3a e 3b).

Durante as análises de coliformes, foi observado que o limite máximo de detecção da metodologia utilizada foi alcançado, por isso, foi necessária a realização de diluições para se obter a quantidade mais realista dos parâmetros microbiológicos avaliados.

Os resultados das análises de coliformes realizadas entre os períodos de Março a Julho de 2012 são apresentados na Tabela 2.

Observa-se que os valores registrados para o Ponto 1 foram os maiores em relação aos demais, para todas as datas de monitoramento, independente da sazonalidade das chuvas.



Figura 3. Vista das seções de controle para o monitoramento da qualidade da água em micro-bacias rurais do CEF, na região de Itu – SP, em 2012.

Tabela 2. Análises microbiológicas do no Centro de Experimentos Florestais da Fundação SOS Mata Atlântica - Grupo Schincariol (CEF), em Itu – SP, no ano de 2012

Data	Ponto	<i>C. Totais</i>		<i>E. coli</i>
		(NMP/100 mL)		
14/mar	4	10112	31	
	3	9139	10	
21/mar	1	101120	91390	
	2	75566	1060	
25/abr	1	378400	7200	
	2	6300	1000	
02/mai	1	396800	9500	
	2	9800	2000	
23/jul	1	24100	1000	
	3	22300	1000	

C.Totais: Coliformes Totais; E. coli: *Escherichia coli*

Comparando os resultados do Ponto 1 (ao lado de uma grande área de remanescente) e do Ponto 2 (em meio de campo sujo), o primeiro apresentou maiores cargas de coliformes.

Nesse ponto, a contagem de coliformes totais variou de 24.100 NMP/100 mL a 396.800 NMP/100 mL. Já para *Escherichia coli*, essa faixa de variação apresentou um mínimo de 1.000 NMP/100 mL e um máximo de 91.309 NMP/100 mL.

Esses resultados são comparáveis aqueles obtidos por autores, em levantamentos realizados em córregos urbanos poluídos com lançamento de esgoto doméstico, como Staccdiarini (2002), Medeiros et al. (2009), Buzanello et al. (2008), Carvalho et al. (2000) entre outros.

Esse foi um resultado surpreendente e inesperado, pois a paisagem nas proximidades do local de amostragem é tipicamente rural, além de abranger o maior fragmento florestal nos limites da fazenda.

Uma possível explicação para este resultado atípico foi levantada pelos funcionários da CEF, a qual está relacionada a presença de animais selvagens como capivaras, veados e pássaros que vivem na região, aumentando a carga orgânica na área próxima do Ponto 1, a qual pode ser caracterizada como de ambiente lântico. Todavia, os resultados de *E. coli* obtidos indicam uma carga elevada de efluentes.

Examinando a imagem da área de contribuição definida pela seção de controle do Ponto 1, observa-se a presença de construções no interior dos limites da micro-bacia hidrográfica, como mostra a Figura 4.



Figura 4. Imagem de parte da área da micro-bacia hidrográfica contribuinte do Ponto 1, destacando-se a presença de construções.

Tal observação sugere que a fonte de emissão de poluentes possa ter origem a partir dessa concentração de edifícios. Corrobora para essa hipótese, a melhora na qualidade da água verificada uma semana após a ocorrência de chuvas, na coleta do dia 23 de julho, quando se tem uma elevação da vazão e renovação da água represada na área alagada do

Ponto 1. Essa observação levanta a necessidade de futuras amostragens em seções de controle externas a área da fazenda.

No Ponto 2 a concentração de coliformes totais variou de 9.800 NMP/100 mL a 75.566 NMP/100 mL, enquanto *E. coli* apresentou um mínimo de 1.000 NMP/100 mL e um máximo de 2.000 NMP/100 mL, demonstrando uma faixa de variação bem inferior ao Ponto 1.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 (MMA, 2005), o limite para coliformes termotolerantes pré-estabelecido para águas doces de Classe 3, não deverá ser excedido 1000 NMP/100 mL, então os cursos d'água localizados nos pontos 3 e 4 se enquadram no limite estabelecido. Já os pontos 1 e 2 ultrapassaram este valor.

As análises de nitrogênio foram realizadas nos meses de Abril, Maio e Julho e os resultados obtidos se encontram na Tabela 3. O nitrogênio total é um elemento químico que sugere a presença global de nutrientes em água e o nível de eutrofização da mesma (BORGES et al., 2003).

Tabela 3. Análises de Nitrogênio Total do C.E.F. SOS Mata Atlântica – Grupo Schincariol

Data	Ponto	N total (mg/L)
25/abr	1	26,7
	1	27,8
	2	53,1
	2	56,9
02/mai	1	20,6
	1	26,2
	2	33,9
	2	35,5
23/jul	1	2,2
	1	0,5
	Viveiro	118,3
	Viveiro	Acima do limite

Comparando os resultados com a resolução CONAMA 357/05 (MMA, 2005), os limites pré-estabelecidos de nitrogênio total para rios de classe 3 devem atingir no máximo:

- 13,3 mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$
- 5,6 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
- 2,2 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
- 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$

Apesar do pH dos cursos d'água não terem sido aferidos, nota-se, comparando os valores da Tabela 3 com os limites da resolução que, com exceção do Ponto 1 na última coleta realizada, todos os valores estão acima do limite exigido na legislação.

Os resultados de nitrogênio total foram bem superiores aqueles observados em áreas urbanas (Borges et al., 2003), e rurais (Carvalho et al., 2000, Donadio et al., 2005)

Conforme os resultados apresentados na Tabela 3 observa-se que no dia em que houve a aplicação de adubo no viveiro, a concentração de nitrogênio total foi bem elevada, indicando a perda de nutriente pelo excesso de irrigação aplicado nas mudas, porém este efluente não é despejado em nenhum corpo hídrico.

CONCLUSÕES

A avaliação de coliformes totais e termotolerantes apresentou valores elevados, mesmo para um recurso hídrico que aparentemente não recebe efluente antrópico diretamente. Nesse aspecto, investigações realizadas a partir de imagens de

satélite, indicaram a presença de construções no interior da bacia hidrográfica abrangida pela rede de drenagem que flui através da seção de controle nomeada, nesse trabalho, de Ponto 1.

Os resultados obtidos para o nitrogênio total apresentaram variações entre os locais de amostragem, sendo que o Ponto 2, o qual era predominantemente ocupado com pastagem, apresentou os maiores valores, em relação a micro-bacia hidrográfica ocupada com as maiores áreas de remanescente florestal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Pró Reitoria de Pesquisa (PROPE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) pelo apoio financeiro ao presente trabalho (Programa Primeiros Projetos Edital 05/2011).

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo auxílio financeiro como forma de bolsa de iniciação científica a acadêmica Iris Sayuri Fukuda Tomaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF WATER. In: APHA (eds) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 ed. Washington: APHA, 1995.
2. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Ed. Ícone 1990, 355p.
3. BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 161-171, 2003.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº357, 2005.
5. BUCKALEW, D.W.; HARTMAN, L.J.; GRIMSLEY, G.A.; MARTIN, A.E.; REGISTER, K.M. A long-term study comparing membrane filtration with Colilert defined substrates in detecting fecal coliforms and Escherichia coli in natural waters. Journal of Environmental Management, v. 80, p. 191-197, 2006.
6. BUZANELLO, E.B.; MARTINHAGO, M.W.; ALMEIDA, M.M.; PINTO, F.G.S. Determinação de Coliformes totais e termotolerantes na água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 59-60, set. 2008
7. CARDOSO, C. C.; VEIGA, S. M. O. M.; NASCIMENTO, L. C.; FIORINI, J. E.; AMARAL, L. A. Avaliação microbiológica de um processo de sanificação de galões de água com a utilização do ozônio. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 23, n. 1, p. 59-61, 2003.
8. CARVALHO, A.R.; SCHLITZER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. Química Nova, v.23, n.5, p.618-622, 2000.
9. CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas. UNICAMP, Campinas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_275.html> Acesso em: 26 de setembro de 2012.
10. DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C.; Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005. Jaboticabal, 2005.
11. IDEXX Laboratories, Inc., One IDEXX Drive. Colilert, EUA: 2002. Disponível em: <http://www.idexx.com/pubwebresources/pdf/en_us/water/64063001.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2012.
12. MEDEIROS, G.A.; ARCHANJO, P.; SIMONATO, R.; REIS, F.A.G.V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do Córrego Recanto, em Americana, no Estado de São Paulo. Revista Geociências, v.28, n.2, p.181-191, 2009.
13. MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução do CONAMA nº 357, 2005. Págs. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 23 de setembro de 2012.
14. PAIVA, E. M. C. D. Rede de monitoramento hidrológico. In: PAIVA, J. B. D.; Hidrologia aplicada à gestão de bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001, p. 493 – 506.
15. RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Campo Sujo. Embrapa. Brasília, DF. 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_49_911200585233.html> Acesso em: 25 de setembro de 2012.
16. TORRADO, P. V.; Levantamento Pedológico do Centro de Experimentos Florestais SOS Mata Atlântica – Schincariol, Fazenda São Luiz – Itu – SP – 2009 – 19p.