

**QUALIDADE DO RECURSO HÍDRICO DE DUAS NASCENTES
NA MICROBACIA DO CÓRREGO CAÇULA NO MUNICÍPIO DE
ILHA SOLTEIRA-SP****Letícia de Oliveira Manoel¹****Sérgio Luís de Carvalho²**

RESUMO: As nascentes, também conhecidas como olho d'água, fio d'água, mina d'água, cabeceira e fonte, são pontos nos quais a água subterrânea aflora naturalmente através da superfície do solo, mesmo que de forma intermitente. São consideradas pelo senso comum como ambientes equilibrados, inclusive, com água potável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas, utilizando-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) de duas nascentes na microbacia do córrego Caçula, no município de Ilha Solteira - SP. Para isso, foram analisadas características físicas, químicas e microbiológicas, como: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, DBO₅, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, resíduo total e coliformes termotolerantes, durante o período de estiagem (maio a setembro) e período chuvoso (outubro a fevereiro). Constatou-se que na época das chuvas houve uma queda no IQA, devido ao grande aumento da turbidez e sólidos totais da água, resultante do carreamento de partículas sólidas pelo escoamento superficial, indicando falta de práticas de conservação de solo nas nascentes estudadas, com consequente perda de solo. A qualidade das águas variou de regular a boa para o período em estudo. Por sua vez, a proteção das nascentes, incluindo a adoção de métodos de baixo custo para o monitoramento da qualidade das águas nestes locais contribui para o acompanhamento do estado ambiental do sistema e para identificar as pressões e os possíveis impactos.

Palavras-chave - Bacia hidrográfica. Índice de qualidade das águas. Variação sazonal.

¹ Mestranda em Engenharia Civil - Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)/Campus Ilha Solteira/SP.

² Doutor em Ecologia (UNICAMP), Professor adjunto do Departamento de Biologia e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)/Campus Ilha Solteira/SP.

1 INTRODUÇÃO

A nascente é um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial (FELIPPE, 2009), sendo de extrema importância para a manutenção do equilíbrio hidrológico, geomorfológico e biológico (FELIPPE, 2012).

A água que jorra de uma nascente formará um pequeno córrego que irá contribuir para o volume de água de outro curso, portanto, o desaparecimento desta resultará na redução do número de cursos d'água, significando a diminuição da disponibilidade de água doce para diversos usos (CASTRO, 2001).

Segundo Calheiros et al. (2004), podemos dividir as nascentes em dois grupos distintos quanto a sua formação, as nascentes podem ser do grupo sem acúmulo de água inicial, comum quando o afloramento ocorre em terreno declivoso, surgindo em um único ponto em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, o outro grupo são as nascentes com acúmulo inicial, comum quando a camada impermeável fica paralela a parte mais baixa do terreno e, estando próximo a superfície, acaba por formar um lago.

Atualmente a exploração desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm ocasionando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e ribeirinhas, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia (PINTO, 2003).

Torna-se cada vez mais urgente o estabelecimento de um convívio mais harmonioso entre o homem e o meio em que vive, a fim de desenvolver atividades industriais e agropecuárias de forma ecológica que não comprometam os elementos da paisagem. Para isso, são necessárias tanto a realização de um plano de recuperação e conservação da vegetação ripária no entorno das nascentes e cursos d'água, como também a realização de medidas relacionadas ao ordenamento e planejamento do uso da

terra, ou seja, de um manejo efetivo da bacia hidrográfica, visando aumentar a sustentabilidade do ambiente (PINTO, 2003).

É, portanto necessário avaliar e monitorar, de forma objetiva e adequada, a qualidade das águas com o uso de poucos e significativos parâmetros para diferentes áreas e diversos fins. Tal necessidade é um desafio que tem sido enfrentado, na maior parte das vezes, com a otimização do monitoramento e utilização de Índices de Qualidade de Água (IQA), que consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas numa determinada bacia, sejam estas de origem antrópica ou natural (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

Procurou-se com este estudo, avaliar a qualidade da água por meio do monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos, utilizando-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) de duas nascentes na microbacia do córrego Caçula, no município de Ilha Solteira - SP.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este trabalho foi realizado na microbacia do córrego Caçula, município de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Localizado na zona 22 K, entre as coordenadas geográficas 20°24'44,8"S e 51°17'06,5"O e 20°30'16,4"S e 51°22'16,2"O Datum SIRGAS 2000 com altitude entre 290 a 370 metros acima do nível do mar.

As amostras de água foram coletadas durante o período de estiagem e no período chuvoso, com periodicidade mensal, entre os meses de maio de 2012 a fevereiro de 2013, em duas nascentes (N1 e N2) (Figura 1).

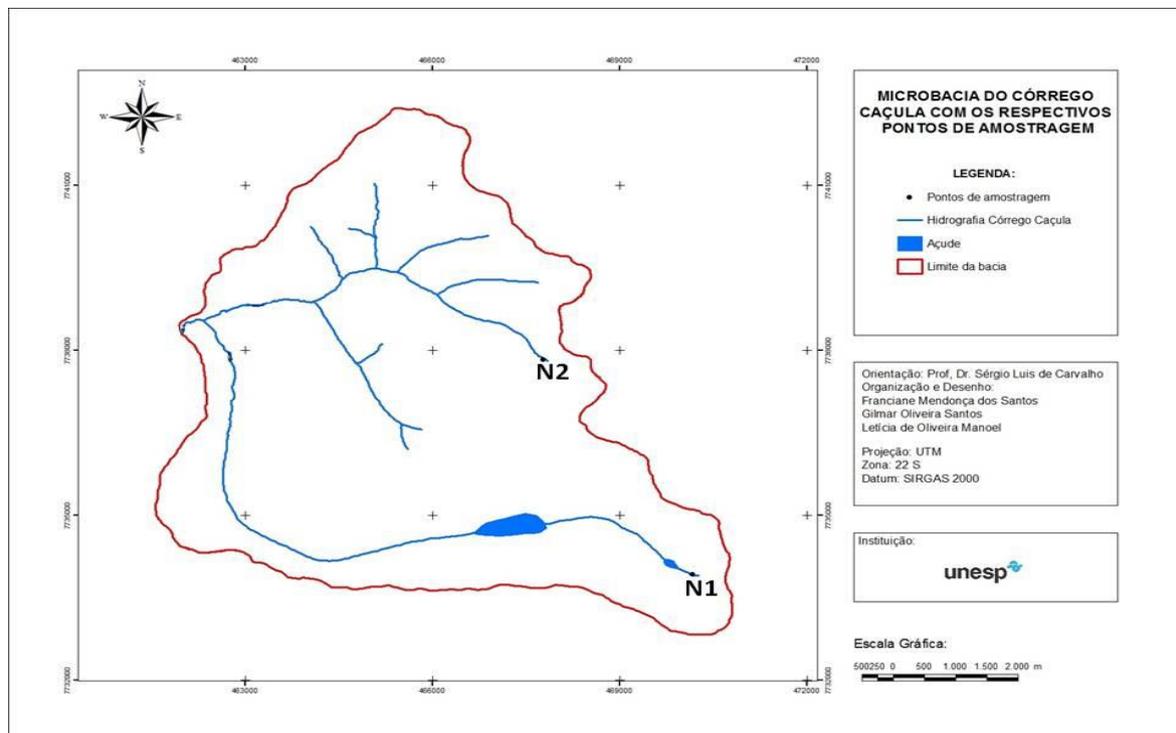


Figura 1. Mapa da microbacia do córrego Caçula com os respectivos pontos de amostragem.

A primeira (N1) consiste na nascente do córrego das Lagoas, localizada nas coordenadas geográficas 20° 29' 31.0"S e 51° 17' 17.4" O e 365 metros acima do nível do mar. Este local -caracteriza-se pela ausência da área de preservação permanente (APP), e pelo leito raso e alargado, quase todo ocupado por espécies vegetais invasoras, como: *Brachiaria* sp. (capim) e *Typha* sp. (taboa) (Figura 2).



Figura 2. Imagens ilustrativas do ponto amostrado para as análises de água da nascente do Córrego das Lagoas (N1) com acúmulo inicial. (A) estiagem e (B) período chuvoso. Ilha Solteira-SP, 2012

A segunda (N2) consiste na nascente do córrego do Ipê localizada com posicionamento geográfico $20^{\circ} 27' 25.4''$ S e $51^{\circ} 18' 33.7''$ O e 366 metros acima do nível do mar, caracterizada pela formação de um represamento, sendo a montante parcialmente composto por mata ciliar, seguido da cultura da cana-de-açúcar e aglomerado de lotes rurais (Figura 3).

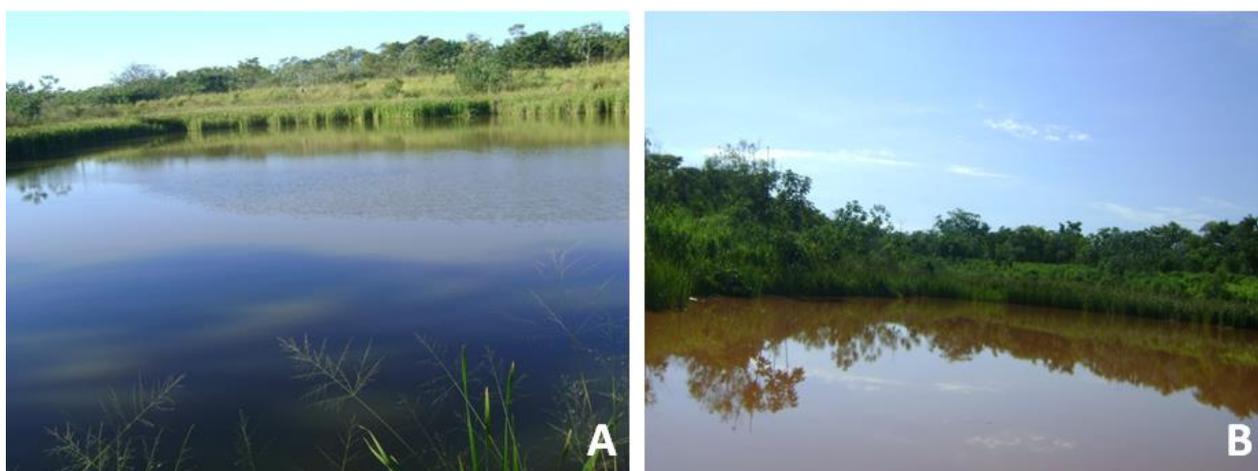


Figura 3. Imagens ilustrativas do ponto amostrado para as análises de água da nascente do Córrego do Ipê (N2) com acúmulo inicial. (A) estiagem e (B) período chuvoso. Ilha Solteira-SP, 2012.

As amostras de água foram coletadas em frasco de polietileno. No campo foi feita a medição da temperatura da água, utilizando termômetro portátil em horário das 09h00min às 11h00min.

As análises experimentais foram realizadas no laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), onde foram realizadas todas as análises em no máximo 24 horas após a coleta. Nas análises laboratoriais as amostras foram avaliadas através dos métodos analíticos baseados no *Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater* (APHA, 1998), e pela metodologia de espectrofotometria de Hach.

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos pela Estação Agrometeorológica operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP de Ilha Solteira, compreendendo a série histórica das precipitações (em milímetros) ocorridas nos meses de amostragem.

2.2 Índices de Qualidade de Água (IQA)

Com o intuito de avaliar o atual estado das águas das nascentes foi calculado o IQA seguindo a metodologia padronizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2003).

O IQA das nascentes foi calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada característica de qualidade de água: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (cinco dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez.

Os valores finais do IQA são expressos em categorias de qualidade e podem ser representados por cores, facilitando a interpretação dos resultados. Os valores do índice (IQA) variam entre 0 e 100 (Tabela 1), e conforme o seu valor reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Tabela 1. Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2003)

A partir da coleta e análise da água foi realizada a análise de IQA, o qual consiste em um índice desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, USA. Para cálculo do IQA usa-se a fórmula multiplicativa cuja expressão é:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Sendo:

IQA= Índice da qualidade da água

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade.

A cada característica foi atribuído um peso de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivos pesos

Parâmetro	Peso (w_i)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

A Tabela 3 apresenta a síntese da metodologia utilizada para a determinação de cada parâmetro analisado.

Tabela 3. Síntese das metodologias, equipamentos e precisão nas análises de qualidade de água

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	MÉTODOS	PRECISÕES	EQUIPAMENTOS
Cor	uH	Espectrofotométrico	1,0	Espectrofotômetro Odyssey/ Hach/DR-2500
Turbidez	NTU	Nefelométrico	0,01	Turbidímetro/Hach/2100NA v1.2
Temperatura	°C	Eletrométrico		Termômetro portátil
pH	-	Eletrométrico	0,01	pHmetro de membrana/Hanna/HI8314
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	Digestão por Ácido Persulfato e Espectrofotométrico	0,01	Espectrofotômetro Odyssey/ Hach/DR-2500
Nitrogênio Total	mg.L ⁻¹	Digestão por Ácido Persulfato e Espectrofotométrico	0,1	Espectrofotômetro Odyssey/ Hach/DR-2500
DBO	mg.L ⁻¹	Método das Diluições, Incubado a 20°C, 5 dias	0,1	Pipetas de 2 ml, garrafas de Van Dorn e Titulador
OD	mg.L ⁻¹	Método de Winkler Modificado	0,1	Titulador
Sólidos totais Sólidos dissolvidos	mg.L ⁻¹	Gravimétrico	1,0	Cápsula de Porcelana Disco de microfibra de

Sólidos suspensos

vidro/Sartorius
Balança eletrônica de
precisão de 0,1 µg/Bel
Mark/ U210A
Estufa/Marconi/MA033
/ temp.120°C
Dissecador/Pyrex/200
mm

**Coliformes totais
Coliformes fecais**

NMP/100 ml
de
amostra

Contagem de
bactérias

100 col/100
ml

Procedimento de
análise, Kit
microbiológico –
Sartorius.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos valores obtidos para as características OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, fósforo total, temperatura, nitrogênio, turbidez, e sólidos totais calcularam-se os valores de IQA para as nascentes.

As nascentes apresentaram de forma geral IQA de classificação “Boa”. Podemos notar na Tabela 4, que a nascente 1, apresentou o valor de IQA calculado (58,31), na estação seca, o que significa uma qualidade ambiental “boa” para esta nascente. Na estação chuvosa, porém apresentou padrão “regular” com o valor 47,17 para o IQA.

Já na nascente 2, o valor de IQA calculado (69,54), na estação seca, apresentou uma água que foi classificada como de “boa” qualidade, o mesmo acontecendo na estação chuvosa, com o valor de 51,97. .

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de IQA e a classificação das nascentes.

Tabela 4. Valores de IQA e classificação das nascentes.

Nascente	IQA médio (seca)		IQA médio (chuvosa)	
	Valor	Classificação	Valor	Classificação
1	58,31	Boa	47,17	Regular
2	69,54	Boa	51,97	Boa

Observou-se a redução no valor do IQA da estação seca para a chuvosa nas duas nascentes estudadas, concordando com estudos realizados por Borges (2009), que também observou esta situação na nascente do ribeirão do Funil, no município de Ouro Preto, MG.

O autor explica que o escoamento superficial pode ter contribuído para tal fato, favorecendo a entrada de contaminante de origem fecal e de carga orgânica, além do aumento do volume de água, possibilitando o revolvimento do fundo e ressuspensão de partículas elevando a concentração da turbidez, sólidos e da demanda bioquímica de oxigênio.

Na nascente do córrego das Lagoas (N1), ao longo dos meses analisados, compreendendo o período de estiagem, o valor do IQA manteve-se, em sua maior parte, dentro da faixa “Boa” de classificação. As exceções ficaram por conta dos meses de junho e setembro/2012, que apresentaram valores na faixa “Regular” (Figura 4).

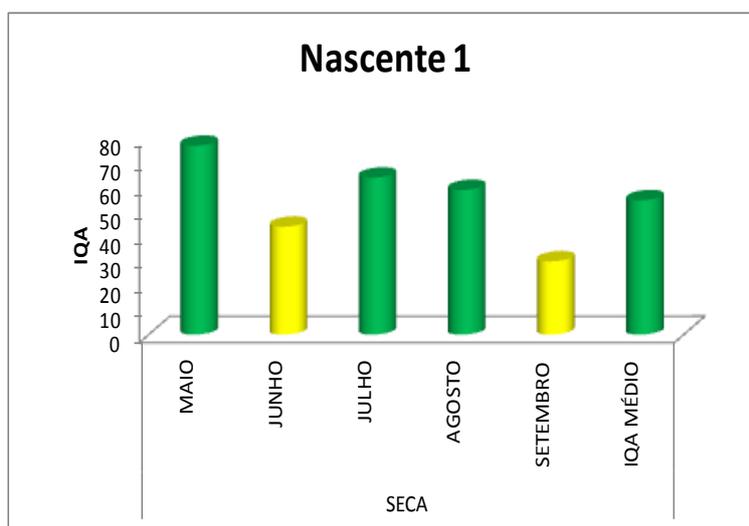


Figura 4. Avaliação do IQA para a nascente 1 do córrego das Lagoas no período de estiagem. Ilha Solteira-SP, 2012.

Ao longo dos meses analisados, compreendendo o período chuvoso, o valor do IQA manteve-se, em sua maior parte, dentro da faixa “Boa” de classificação. As exceções ficaram por conta dos meses de janeiro e fevereiro/2013, que apresentaram valores na faixa “Regular” e “Ruim”, respectivamente (Figura 5).

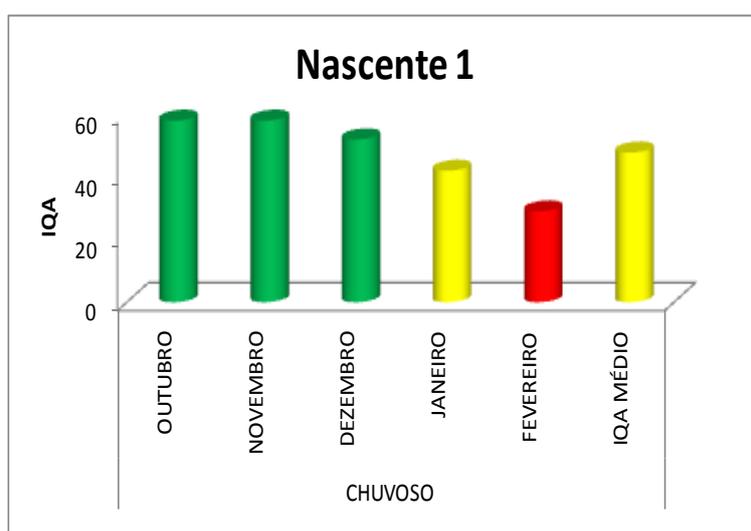


Figura 5. Avaliação do IQA para a nascente 1 do córrego das Lagoas no período chuvoso. Ilha Solteira, SP, 2012

Pela figura 6 nota-se que na nascente 2 (córrego do Ipê), durante o período de amostragem, compreendendo a estação seca, o valor de IQA médio calculado foi classificada como “boa”, variando de “Excelente” (mês de maio) a “Boa” (junho, julho, agosto e setembro) (Figura 6).

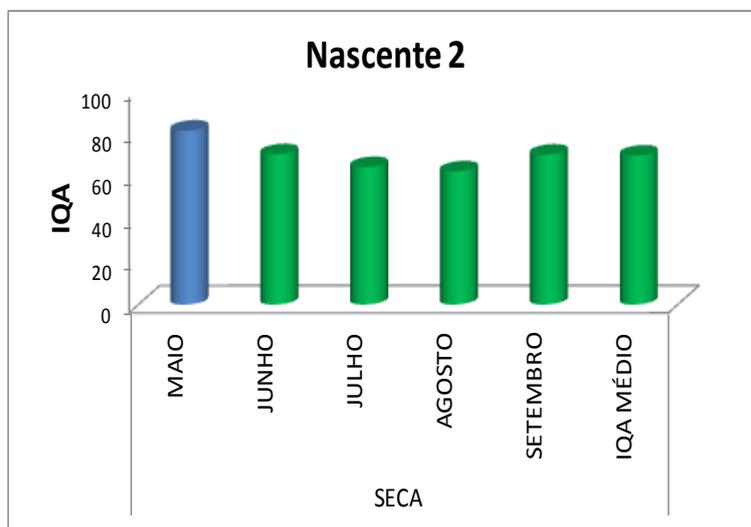


Figura 6. Avaliação do IQA para a nascente 2 do córrego do Ipê no período de estiagem. Ilha Solteira, SP, 2012

Com relação a nascente do córrego do Ipê (N2), na estação chuvosa o IQA variou de “boa” em outubro, novembro e dezembro a “regular” em janeiro e fevereiro. Neste período as concentrações de nutrientes (fósforo e nitrogênio) e sólidos totais, apresentaram valores elevados, acima dos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, podendo estar relacionados ao escoamento de resíduos agrícolas (fertilizantes e adubos), reduzindo a qualidade da água e conseqüente redução do valor de IQA (Figura 7).

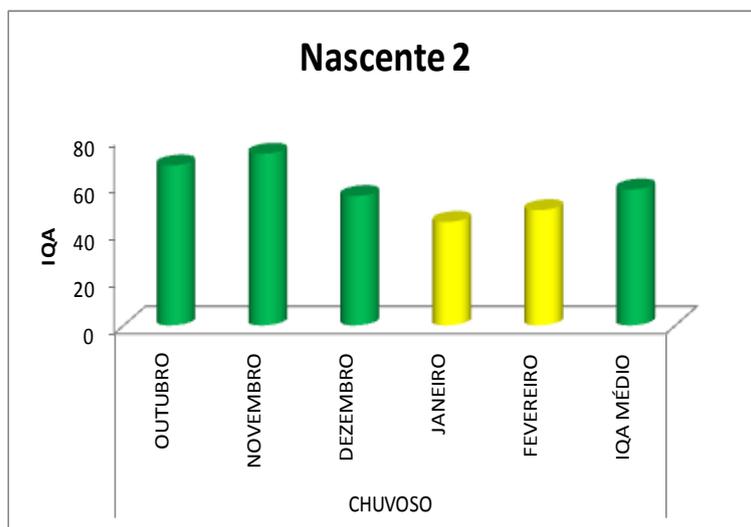


Figura 7. Avaliação do IQA para a nascente do córrego do Ipê no período chuvoso. Ilha Solteira, SP, 2012

Podemos constatar na figura 8, que na época das chuvas houve queda no valor do IQA, devido ao grande aumento da turbidez e sólidos totais da água, principalmente na nascente 1 (córrego das Lagoas). Isto ocorreu, provavelmente, devido a fato deste ponto estar mais suscetível ao carreamento do solo e ao transporte de sedimentos na bacia, por causa da falta de matas ciliares.

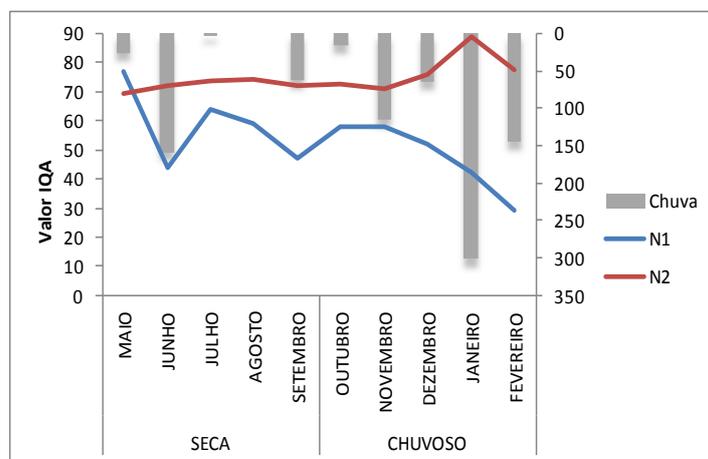


Figura 8. Precipitação pluviométrica (mm), para o período de maio de 2012 a fevereiro de 2013 para as duas nascentes (N1 e N2) na microbacia do córrego Caçula, no município de Ilha Solteira - SP.

De acordo com Lopes et al. (2008), a avaliação rigorosa da qualidade de corpos de águas não pode ficar restrita apenas aos resultados do IQA, uma vez que esse índice leva em consideração apenas os parâmetros que podem afetar as propriedades organolépticas, o equilíbrio ecológico (por exemplo, eutrofização) e os riscos sanitários mais imediatos. Com efeito, outras substâncias tais como hidrocarbonetos tóxicos, metais pesados precisam ser igualmente consideradas, as quais podem ocorrer em concentrações potencialmente danosas à saúde e bem-estar dos seres vivos, mesmo em águas que apresentem IQA na faixa do ótimo.

4 CONCLUSÃO

A aplicação do IQA mostrou que as águas das nascentes estudadas enquadra-se em classes que vão de regular a boa, mas vale salientar que na região não houve a visão preservacionista dos recursos naturais durante seu desenvolvimento, sendo predominante à ocupação desordenada dos solos, inclusive das áreas de proteção dos mananciais, em favor da expansão da fronteira agrícola e da pecuária. Na nascente do córrego das Lagoas (N1), foi constatado alto grau de degradação, as áreas de preservação permanente estão irregulares e nota-se que a nascente sofre diretamente as consequências do pastejo, como pisoteio do gado. Já na nascente do córrego do Ipê (N2), pode-se observar o impacto devido ao uso e a ocupação do solo nas áreas de entorno (cultura agrícola temporária: culturas anuais de cana-de-açúcar), alterando substancialmente a qualidade ambiental da nascente.

Por sua vez, a proteção das nascentes, incluindo o manejo de terras em nível de bacias hidrográficas é uma forma mais eficiente de uso dos recursos de uma região, pois visa à preservação e melhoria da quantidade e qualidade da água.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes.** 2004, 175 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Ambiental), UFLA, Lavras, MG.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20th ed. Washington, DC: APHA, 1998.

BORGES, D.V.C. **Avaliação da qualidade da água e ocorrência de cianobactérias do ribeirão do Funil, Ouro Preto-MG.** 2009. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG.

CALHEIROS, R. O. et al. **Recuperação das Nascentes.** Piracicaba CTRN, 2004.

CASTRO, P. S.; LOPES, J. D. S. Recuperação e conservação de nascentes. Centro de Produções Técnicas. **Serie Saneamento e Meio-Ambiente**, Manual nº 296. Viçosa, 84p, 2001.

CETESB – COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BASICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, p.264, 2003.

DAVIDE, A.C.; PINTO, L. V. A.; MONNERAT, P. F.; BOTELHO, S. A. **Nascente: o verdadeiro tesouro da propriedade rural – o que fazer para conservar as nascentes nas propriedades rurais.** Lavras; UFLA/CEMIG, 2002. 20p

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte - MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

FELIPPE, M.F; JÚNIOR, A.P.M. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **Geografias (UFMG)**, v. 8, n. 2, p. 8-23, 2012.

LOPES, F.B.; TEIXEIRA, A.S.; ANDRADE, E.M.; AQUINO, D.N.; ARAÚJO, L.F.P. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e geoprocessamento. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 3, p. 392-402, 2008.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e proposta de recuperação de suas nascentes.** 2003. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-UFLA, Lavras, MG.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n. 01, p. 181-186, 2002.