



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

Efeito do Sistema de Produção de Cana-de-Açúcar na Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas

Effect Of Sugarcane Production System On Water Quality In River Basin

Rodrigo Garcia Brunini, Michele Cláudia da Silva, Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/ UNESP, Jaboticabal, SP. Rua Quintino Bocaiuva, 535, Bairro Aparecida, Jaboticabal, SP – 148820-30. rgbrunini@gmail.com

Recebido em: 12/08/2015

Aceito em: 03/05/2017

Resumo: O Brasil é líder mundial na produção da cana-de-açúcar, cultura de fundamental importância na fabricação do açúcar e etanol e na cogeração de energia através da queima do bagaço. No entanto, para manter a alta produção no país o setor sucroalcooleiro vem explorando cada vez mais áreas com potencial agrícola e gerando impactos no meio ambiente, tais como o isolamento e a supressão das reservas de matas nativas e áreas de nascentes e mananciais. Objetivou-se nesse estudo avaliar a qualidade da água de nascentes protegidas por mata nativa (Área de Preservação Permanente – APP) e não protegidas, de uma sub-bacia hidrográfica envolta pelo sistema produtivo de cana-de-açúcar. Para tanto foram selecionadas sete sub-bacias de primeira ordem de magnitude com nascentes (três com mata nativa no entorno da nascente; três sem mata nativa no seu entorno e uma com a nascente represada), apresentando a montante áreas com sistema produtivo de cana-de-açúcar. Realizaram-se as coletas de água mensalmente durante o período de um ano. Foram avaliadas in loco e em laboratórios específicos os parâmetros físicos (temperatura, turbidez e condutividade elétrica) e químicos (pH, oxigênio dissolvido e nitrogênio total) da água, dos quais atuam como indicadores ambientais. Os resultados deste estudo mostraram que a água das nascentes protegidas por mata ciliar apresentou menor variabilidade nos parâmetros físicos e químicos em relação às nascentes não protegidas. Os valores elevados de nitrogênio total para todos os tratamentos indicam um impacto direto do sistema produtivo de cana-de-açúcar na qualidade da água das nascentes protegidas ou não pela mata ciliar.

Palavras-chave: Impacto ambiental, Manejo de água e solo, *Saccharum officinarum* L., Uso antrópico

Abstract: Brazil is a world leader in the production of sugarcane, a crop that plays a fundamental role in the production of sugar and ethanol and in the cogeneration of energy through the burning of bagasse. However, in order to maintain high production in the country, the productive system has been exploiting more and more areas with agricultural potential and generating impacts on the environment, such as the isolation and suppression of native forest reserves and areas of springs and springs. The objective of this study was to evaluate the water quality of native protected forest (APP) and non-protected water sources, from a watershed micro-zone enveloped by the sugarcane production system. Seven micro-basins were selected, of first order of magnitude and with springs (three with native forest in the surroundings of the source, three without native forest in their surroundings and one with the damped source), presenting upstream areas with sugarcane. Water collected monthly for a period of one year. The physical parameters (temperature, turbidity and electrical conductivity) and chemicals (pH, dissolved oxygen and total nitrogen), which act as environmental indicators, of the water were evaluated in the laboratory and in specific laboratories. The results of this study showed that the water of the springs protected by riparian forest showed less variability in the data in relation to unprotected water springs. The high values of total Nitrogen for all treatments indicate a direct impact of the sugarcane productive system on the water quality of the water springs protected or not by the riparian forest.

Keywords: Environmental impact, Water and soil management, *Saccharum officinarum* L., Anthropic use

Introdução

No Brasil a cultura de cana-de-açúcar



(*Saccharum officinarum* L.) é de grande importância, tanto na economia, como no meio ambiente. Para a safra de 2015/2016 estima-se um aumento em cerca de 12,2 milhões de hectares, com produção de 902,8 milhões de toneladas de cana processada (Conab, 2015). A cana-de-açúcar é uma das principais culturas manejadas na superfície brasileira e que refere-se a extensas áreas de monocultivo, com um manejo bem semelhante ao longo dos anos, provocando diversas modificações e efeitos contínuos no ambiente natural e agrícola, tornando-se necessário estudos que visem compreender o manejo deste sistema produtivo e seu efeito nos recursos hídricos (Pissarra et al., 2004).

Os sistemas intensivos de produção agrícola causam sérios danos ambientais tais como erosão, assoreamento dos rios, contaminação do recurso hídrico por pesticidas e fertilizantes. A qualidade das águas depende das condições naturais, tendo em vista que, mesmo em áreas totalmente preservadas em condições naturais de mata nativa, a sua qualidade sofre interferência do carregamento natural de partículas do solo após eventos de chuva e dissolução de íons de rocha (Rodrigues et al., 2009).

Segundo De Paula et al. (2016), a avaliação integrada dos sistemas aquático e terrestre, permite a análise conjunta de alterações nas propriedades da água de uma rede drenagem, junto ao uso e antrópico do solo da bacia hidrográfica, sendo estas modificações oriundas especialmente de fatores propagados em decorrência aos sistemas produtivos da agricultura, processos erosivos e a ocorrência de precipitação pluviométrica. As alterações decorrentes de fenômenos naturais são intituladas de efeitos ambientais, e o termo impacto reserva-se às atividades antrópicas que são causadas pelo homem.

Instituída por lei como unidade de planejamento, a bacia hidrográfica é uma ferramenta relevante de gestão ambiental, na qual se faz necessário o manejo adequado para que todos possam usufruir. Sua caracterização morfométrica apresenta grande relevância nos métodos de análises hidrológicas e ambientais, a fim de, apontar diversas questões a respeito das atividades que ocorrem neste ambiente específico e contribuir no uso de forma sustentável, deste ecossistema, respeitando a naturalidade dos recursos fornecidos ao homem e o melhor

aproveitamento em benefício da sobrevivência das espécies e suas associações biológicas (Teodoro et al., 2015).

A contaminação do recurso hídrico por agentes físicos e químicos está associada a diversos problemas de contaminação do meio ambiente e da saúde humana, sendo que a principal exigência pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 é assegurar a qualidade e potabilidade da distribuição de água para a população (Brasil, 2011). Analisar a condução do sistema produtivo nas vertentes de bacias hidrográficas e associar ao monitoramento de parâmetros físicos (temperatura, turbidez e condutividade elétrica) e químicos (pH, oxigênio dissolvido e nitrogênio total) da água são propostas que visam obter resultados para compreender o impacto gerado por atividades antrópicas, para propor melhoria das práticas agrícolas na premissa do manejo sustentável.

Toledo e Nicoletta (2002) apontam que o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na sub-bacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais, sendo que as interações entre as diversas variáveis mensuradas numa amostra de água constituem ponto de partida para avaliação de sua qualidade.

Diante da necessidade de disponibilizar informações científicas e técnicas, com este trabalho objetivou-se avaliar a água das nascentes da rede de drenagem da sub-bacia do Córrego da Fazenda Glória, por análise de parâmetros físicos e químicos deste recurso natural.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida na Sub-bacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga - SP, localizada no Planalto Ocidental Paulista, centro norte do Estado de São Paulo, entre as latitudes 21° 18' S e 21° 33' S e longitudes 48°14' W e 48° 44' W., distante 30 km da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal/UNESP. É uma área de cabeceira com formação natural, drenada por um curso d'água, a montante de uma secção, para onde converge toda a água de escoamento segundo Horton (1945). O Córrego da Fazenda Glória nasce na Serra do Jaboticabal, no Município de Taquaritinga, e deságua à montante do Córrego Rico. Esta sub-bacia é uma das mais importantes do Município e é ladeada pela Serra

do Jaboticabal e o Município de Monte Alto (Figura 1).

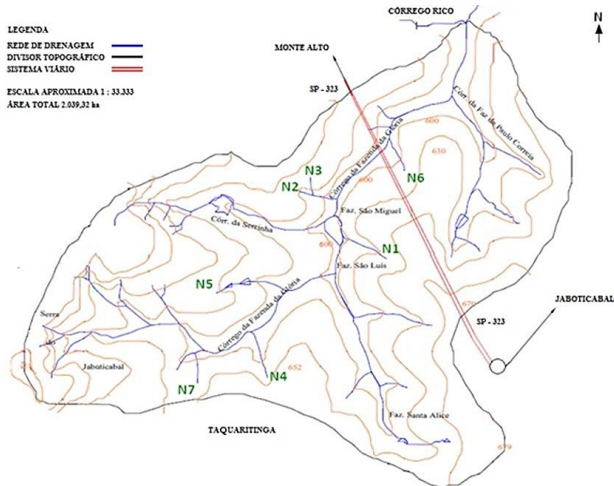


Figura 1. Rede de drenagem e pontos de coleta nas nascentes da sub-bacia do Córrego da Fazenda Glória, localizada na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, no Município de Taquaritinga, SP. Levantamento (Rodrigues et al., 2009).

Segundo a Classificação Climática de Köppen, o clima é mesotérmico úmido de verão quente (Cwa). De acordo com esta classificação, a precipitação varia entre 1.100 e 1.700 mm anuais e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C. Apresenta conformação relativamente movimentada, sendo o relevo classificado como suavemente ondulado e ondulado (Pissarra et al., 2004). As principais unidades de solos encontradas na região são classificadas de acordo com o mapa pedológico do Estado de São Paulo como Argissolos Vermelho Eutroférico (Donadio et al., 2005; Embrapa Solos, 2006), Figura 2.

Para o estudo do recurso hídrico, as coletas de água analisadas da rede de drenagem foram realizadas nas nascentes de sete sub-bacias de 1º ordem de magnitude.

A seleção dos pontos de coleta foi idealizada no intuito de comparar a variação no espaço e no tempo das variáveis físicas e químicas da água, considerando áreas que predominam o manejo do sistema produtivo de cana-de-açúcar.

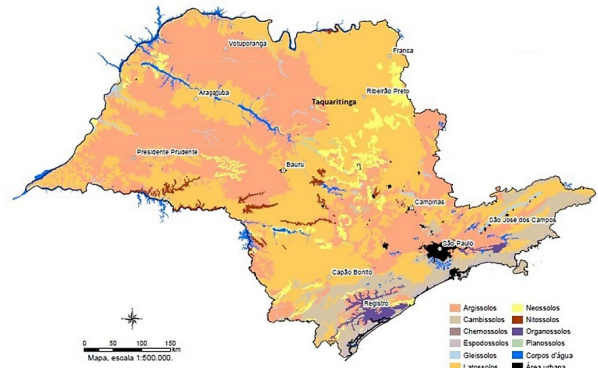


Figura 2. Classificação dos solos para a área experimental localizada no município de Taquaritinga, SP, de acordo com o Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (1999).

Justifica-se a seleção das sub-bacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude pelo tipo de uso e ocupação do solo ao redor de suas nascentes, para que a água analisada não receba influência direta de outra cobertura vegetal, eliminando os efeitos sobre a movimentação dos nutrientes e da condição hidrológica de outra cobertura vegetal do solo.

As coletas foram realizadas em conformidade com a NBR 9898 de 1987, que dispõe da preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987). As amostras de água superficial dos córregos de 1ª ordem foram coletadas utilizando um recipiente “limpo”, com capacidade volumétrica de dois litros, abertos no momento da coleta e fechados a seguir. As coletas foram realizadas no eixo central do canal de drenagem.

Dentre as nascentes selecionadas (Figura 1), todas são envoltas por sistema produtivo de cana-de-açúcar, sendo que; na Nascente N1 ocorre área de mata ciliar no seu entorno; a Nascente N2 apresenta área de mata ciliar e área de pastagem no seu entorno; na Nascente N3 ocorre área de mata ciliar no entorno com depressão acentuada do terreno, no início da mata ciliar até sua margem; a Nascente N4, não ocorre área de mata ciliar no entorno e encontra-se dentro de uma represa com presença de macrófitas; na Nascente N5 não ocorre mata ciliar no entorno e sua nascente encontra-se praticamente dentro do sistema produtivo de cana-de-açúcar; na Nascente N6 não ocorre área de mata ciliar no entorno e encontra-se ao lado de uma rodovia e na Nascente



N7 ocorre área de mata ciliar no entorno e encontra-se represada.

As amostras de água foram coletadas no período de Dezembro de 2010 a Novembro de 2011, totalizando 12 meses. A determinação da temperatura da água, pH e condutividade elétrica foram feitas no próprio local das coletas por meio de leitura direta em um multisensor, modelo H198129. A turbidez foi determinada em laboratório por um analisador de água portátil, turbidímetro digital modelo HACH®. O oxigênio foi determinado em laboratório, por medidor de oxigênio dissolvido, com indicação digital e precisão relativa de +/- 0,03 mg litro⁻¹. Para o nitrogênio total, foram feitas análises através do Método de Digestão – Brucina, adaptada do Standard Methods (APHA, 2012), através de kits próprios para análise, no Laboratório de Biodigestão Anaeróbica do departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP.

Dos dados quantitativos obtidos foram calculados a média aritmética (Média), os valores de máximo (Máximo) e mínimo (Mínimo), o desvio padrão da média (DP) e o erro padrão da média (Sx). As médias entre cada nascente estudada foi comparada através da análise do intervalo de confiança, dispondo os dados em gráficos, gerados a partir do pacote estatístico Assistat® Version 7.7 (Silva; Azevedo, 2016).

Resultados e Discussão

Foram analisados os dados registrados de Dezembro de 2010 a Novembro de 2011 (Tabelas 1 e 2), obtidos das análises do recurso hídrico em cada nascente (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7), das sub-bacias de 1ª ordem de magnitude, para as variáveis físicas e químicas.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos das variáveis físicas no período de coleta dos dados, bem como a legislação com a qual foram analisados se atendem aos padrões mínimos estabelecidos.

De maneira geral, o valor médio da temperatura verificado nas nascentes N1 e N2 das sub-bacias com proteção da vegetação ciliar apresentaram menor variabilidade ao longo do período analisado, verificado pelo menor valor do coeficiente de variação 5,91 e 9,29% respectivamente, e menor desvio padrão da média (Tabela 1). Na análise da água destas nascentes pode-se inferir que, a presença da mata tende a manter a temperatura com pequena amplitude, pois ocorre menor incidência de radiação solar direta no recurso hídrico, devido à proteção oriunda do dossel, semelhante aos dados observados por Maia et al. (2016).

Tabela 1. Atributos físicos da qualidade da água da sub-bacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória, das nascentes (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7). Período: Dezembro de 2010 a Novembro de 2011.

Variável		Pontos de Coleta (Nascentes)						
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
Temperatura (°C)	Média	22,3	21,3	20,2	22,5	20,4	20,8	23,7
	Máxima	24	24	24,5	25,8	23,3	25,1	27,8
	Mínima	20	17,8	15,9	18,1	15,8	15,2	20
	DP ⁽¹⁾	1,3	2	2,6	2,8	2,7	3,6	2,7
	Sx ⁽²⁾	0,4	0,6	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8
Turbidez UNT	Média	7,7	9,1	18,7	24,8	33,7	24,3	37,5
	Máxima	29,66	21,43	36,38	95,15*	71,86*	70,28*	201,55*
	Mínima	0	0	7,63	2,54	8,65	6,52	5,26
	DP ⁽¹⁾	9,8	7,7	9,89	28,95	20,97	20,72	55,79
	Sx ⁽²⁾	3,0	2,3	3,0	8,5	6,4	6,0	16,8
Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	Média	61,5	193,6	60,5	105,4	119,6	58,4	16,0
	Máxima	72	225	230	130	221	75	25
	Mínima	55	61	32	85	62	33	11
	DP ⁽¹⁾	4,11	44,97	54,93	14,04	50,98	11,6	3,82
	Sx ⁽²⁾	1,2	13,6	16,6	4,1	14,9	3,4	1,2

*Dados em desconformidade com o padrão estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011. DP⁽¹⁾: Desvio padrão da média; Sx⁽²⁾: Erro padrão da média.

Nota-se que a nascente N6 (Tabela 1), a qual não possui mata ciliar ao seu redor

apresentou a maior amplitude (9,9°C) entre os valores obtidos ao longo do período, fator que implica no aumento da temperatura dos corpos d'água tendo em vista a incidência da radiação mais intensa no corpo hídrico por este não ter o sombreamento do dossel. Para Néri & Da Cunha-Santino (2015), a temperatura da água dentro de uma bacia hidrográfica responde diretamente as condições físicas da vegetação no entorno da rede de drenagem, locais onde ocorre a presença de vegetação protegendo o recurso hídrico tendem a apresentar os menores valores de temperatura da água, quando comparado a locais sem presença de mata no entorno.

Verificando os dados ao longo do ano (Figura 3), a temperatura apresentou uma variação sazonal, com dois períodos estatisticamente diferenciados: dezembro, janeiro, fevereiro e março, com maiores valores para as nascentes, apresentando média de 24°C no período de maior precipitação e calor (Silva, 2009), e maio, junho e julho, com média de 17,5°C, no período mais seco e de menor temperatura. A nascente N7 apresentou os maiores valores de temperatura ao longo do período (27,8°C em fevereiro e 26,8°C em setembro), mesmo sendo envolta por mata ciliar essa nascente encontra-se represada, com movimentação limitada do recurso hídrico.

A temperatura da água é um parâmetro abiótico que interfere diretamente na dinâmica populacional da microfauna aquática, sendo de grande importância na avaliação da qualidade do recurso hídrico pois influencia diretamente na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases e taxa de crescimento das populações de microrganismos (Smith & Nascimento, 2016). As Resoluções nº 357/2005 e nº 430/2011 do CONAMA não estabelecem valores de temperatura para classificação de corpos hídricos.

A turbidez das amostras de água (Tabela 1) foi diferente entre as áreas estudadas, o resultado das análises indicou que nas nascentes N4, N5, N6 e N7, os valores máximos de turbidez (95,15; 71,86; 70,28 e 201,55 UNT respectivamente) estavam fora do padrão da resolução do CONAMA 357/2005 e nº 430/2011. Estes valores refletem o maior arraste e depósito de partículas de solo no leito do córrego. Este material em suspensão afeta diretamente a turbidez da água, aumentando a concentração de sólidos nestas áreas, impedindo ou dificultando a passagem de luz. Pode-se inferir que estes resultados ocorreram

tendo em vista o arraste das partículas do solo devido ao manejo verificado in loco durante o período de coleta.

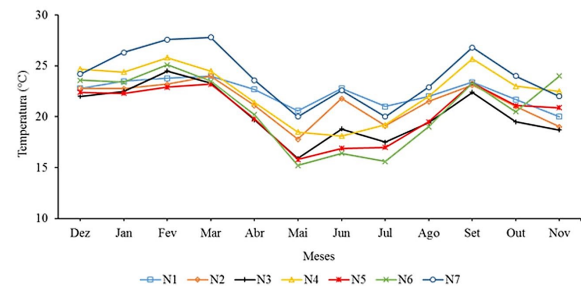


Figura 3. Valores médios de temperatura da água, em °C, das nascentes (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7) na sub-bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP, durante o período de estudo (Dezembro de 2010 a Novembro de 2011).

A turbidez das amostras de água (Tabela 1) foi diferente entre as áreas estudadas, o resultado das análises indicou que nas nascentes N4, N5, N6 e N7, os valores máximos de turbidez (95,15; 71,86; 70,28 e 201,55 UNT respectivamente) estavam fora do padrão da resolução do CONAMA 357/2005 e nº 430/2011. Estes valores refletem o maior arraste e depósito de partículas de solo no leito do córrego. Este material em suspensão afeta diretamente a turbidez da água, aumentando a concentração de sólidos nestas áreas, impedindo ou dificultando a passagem de luz. Pode-se inferir que estes resultados ocorreram tendo em vista o arraste das partículas do solo devido ao manejo verificado in loco durante o período de coleta.

Zanini et al., (2010), citam o fato de que em períodos chuvosos, a quantidade de material suspenso aumenta a turbidez. Verifica-se na Figura 4 que nas áreas onde houve a ocorrência do manejo da cultura de cana-de-açúcar no período de chuvas (Dezembro a Março), cuja precipitação acumulada é em média 875 mm (Silva, 2009), ocorreram os maiores valores de turbidez, destacando-se a nascente N7 (201,55 UNT), que mesmo estando envolta por mata ciliar, o seu represamento contribuiu para o aumento da quantidade de partículas em suspensão neste período. De acordo com Morais & Silva (2012), a erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em

aumento da turbidez das águas. Desta forma a elevação da turbidez nos períodos de maior volume de precipitação pluvial resulta do carreamento de materiais sólidos, provenientes da bacia de drenagem, para o corpo hídrico.

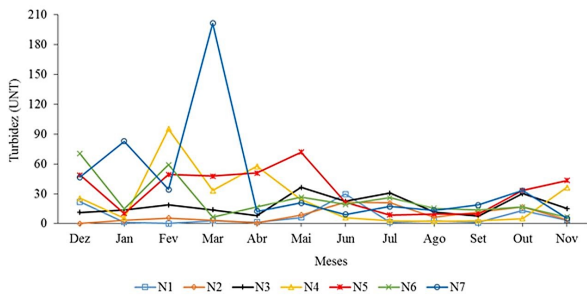


Figura 4. Valores médios de turbidez da água, em UNT, das nascentes (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7) na sub-bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP, durante o período de estudo (Dezembro de 2010 a Novembro de 2011).

Os valores obtidos da condutividade elétrica na solução aquosa (Tabela 1) inferem na capacidade da água em conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica. É um fenômeno cumulativo, sendo resultado da somatória do teor de sais dissolvidos (cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto) na água, e permitindo verificar rapidamente sua estimativa com maior eficiência (De Freitas et al., 2016).

Os maiores valores foram observados nas nascentes N4, N2 e N5 (230, 225, e 221 $\mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente). Estes dados corroboram com os valores observados por Rodrigues et al. (2009). Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados e podem indicar características corrosivas da água, pois segundo Tundisi e Tundisi (2011), a remoção da vegetação nativa aumenta o transporte de sólidos em suspensão, a condutividade e degrada mananciais.

De Souza et al. (2014), avaliando a qualidade da água em uma rede de drenagem verificou que a variação sazonal no uso antrópico de áreas próximas a rede no decorrer do tempo, influencia nos valores de condutividade elétrica sofre, principalmente em períodos mais chuvosos (175 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e menos chuvosos (40 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Essa variabilidade para um mesmo local deve-se devido a concentração de sais solúveis na água, pois a drenagem e lavagem dos sais da bacia

promovem elevação nos valores de condutividade elétrica.

Segundo a CETESB (2015), a condutividade elétrica representa uma medida indireta da concentração de poluentes e também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água. Minella et al. (2009), verificou que o arraste de diversos tipos de sedimentos de solos e resíduos dentro de bacias hidrográficas é devido a retirada da cobertura vegetal, desta forma a condutividade elétrica aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, sendo este um parâmetro de qualidade que fornece boa indicação das modificações na composição da água.

Variáveis químicas como o oxigênio dissolvido, nitrogênio total e pH, podem auxiliar na caracterização da qualidade do corpo hídrico e sofrem influência das estações do ano (Carvalho et al., 2000). Das variáveis químicas analisadas, têm-se dados que não atendem às condições ideais estabelecidas pelas Resoluções do CONAMA (2011) e CETESB (2015), conforme demonstrado na Tabela 2, que tem como principal causa o despejo de efluentes agrícolas, justificado pelas ocupações em seu entorno e uso antrópico das áreas estudadas.

De acordo com Britto et al. (2016), o potencial hidrogeniônico (pH) caracteriza-se como parâmetro fundamental para definir a acidez ou a basicidade da água, sendo uma ferramenta de análise para avaliar a qualidade de uma rede de drenagem, tendo influência direta nos ecossistemas aquáticos naturais devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e podendo em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados e exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

Segundo Guerra et al. (2015), a variação do pH está ligada ao aumento do volume de chuvas para uma determinada época, o que acaba gerando aumento no escoamento superficial da rede de drenagem e acaba agravando a ação antropogênica através dos despejos domésticos, industriais e provenientes da produção agrícola, e a ação natural. Estes fatores geram uma elevação significativa nas atividades de microrganismos presentes no corpo d'água e contribuem para intensificar a decomposição de materiais orgânicos.

Tabela 2. Atributos químicos da qualidade da água da sub-bacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória, das nascentes (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7). Período: Dezembro de 2010 a Novembro de 2011.

Variável		Pontos de Coleta (Nascentes)						
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	Média	6,0	5,5	5,7	4,6	3,8*	4,3	4,9
	Máxima	8,53	8,9	8,44	5,97	6,53	8,24	8,37
	Mínima	5,05	4,42	4,21	2,31*	1,84*	1,64*	2,29*
	DP ⁽¹⁾	0,94	1,26	1,15	0,99	1,41	1,83	1,59
	Sx ⁽²⁾	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	Média	1,14	3,3*	1,71	1,49	6,15*	1,77	1,14
	Máxima	3,09*	6,6*	6,3*	2,61	14,69*	3,89*	4,16*
	Mínima	0	0	0	0	1,56	0	0
	DP ⁽¹⁾	1,04	2,34	1,86	1,06	4,17	1,57	1,26
	Sx ⁽²⁾	0,3	0,7	0,6	0,3	1,2	0,5	0,4
Potencial hidrogeniônico (pH)	Média	7,4	7,2	7,4	6,8	6,7	7,1	7,1
	Máxima	7,86	7,7	7,81	7,31	7,07	8,03	7,8
	Mínima	6,95	6,79	6,69	6,41	6,3	6,61	6,3
	DP ⁽¹⁾	0,29	0,29	0,36	0,28	0,25	0,46	0,53
	Sx ⁽²⁾	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

*Dados em desconformidade com o padrão estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011. DP⁽¹⁾: Desvio padrão da média; Sx⁽²⁾: Erro padrão da média.

Os valores de pH (Tabela 2) indicam a intensidade de acidez ou de alcalinidade na água. Nas nascentes N4 e N5 ocorreram menores valores de pH, 6,8 e 6,7, respectivamente. Entretanto, estes valores se enquadram nas normas exigidas para qualidade da água segundo a CETESB (2015), a resolução do CONAMA (2011) e a ANA (2015) que indicam a faixa ótima de pH para as águas variando entre 6,0 e 9,0. Mesmo ocorrendo oscilações de pH nos pontos avaliados, os valores encontram-se dentro dos padrões exigidos pela Legislação vigente.

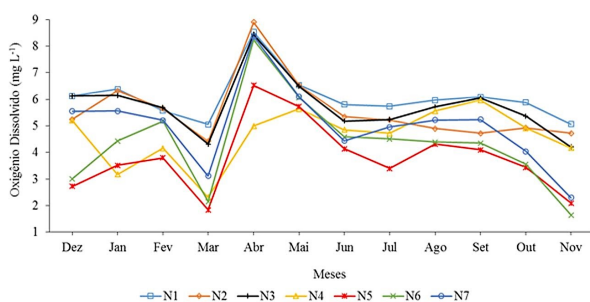


Figura 5. Valores médios de oxigênio dissolvido da água, em mg L⁻¹, das nascentes (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7) na sub-bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP, durante o período de estudo (Dezembro de 2010 a Novembro de 2011).

A maior variação nos valores de oxigênio

dissolvido (Tabela 2) ocorreu nas nascentes N6 e N5 (4,22 e 3,68 mg L⁻¹ respectivamente) com redução significativa dos valores determinados pelo CONAMA (2011) e CETESB (2015). Segundo De Freitas et al. (2016), o oxigênio dissolvido é um elemento essencial à vida dos microrganismos aquáticos, sendo um parâmetro de caracterização dos impactos antrópicos nas águas devido principalmente ao lançamento de rejeitos de orgânicos. Sendo assim, é necessário um manejo adequado para que nas nascentes N6 e N5 ocorram maior oxigenação dos corpos hídricos e a redução da erosão, pois de acordo com a CETESB (2015), a erosão provoca desprendimento do ferro na água e em contato com o oxigênio da água ocorre a oxirredução do ferro, diminuindo os valores de oxigênio dissolvido na água.

Segundo estudos realizados por Santos et al., (2007), o oxigênio dissolvido é determinante para a manutenção dos organismos aquáticos, e sua quantidade necessária a vida destes organismos varia de uma espécie para outra, os peixes, por exemplo, necessitam de 4 mg L⁻¹, em média, para sua sobrevivência e um dos principais fatores determinantes do oxigênio dissolvido é a atividade biológica. De acordo com a Figura 4, os níveis de oxigênio dissolvido para as nascentes N4, N5 e N6, que não se encontram envoltas pela mata ciliar, e N7 cuja nascente encontra-se

represada, estão abaixo dos limites mínimos estabelecidos pela CETESB (2015) e CONAMA (2011), acima de 4 mg L^{-1} , indicando o impacto do sistema produtivo de cana-de-açúcar nestas nascentes.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. No escoamento superficial, o N divide-se em duas formas, solúvel e particulada. A forma solúvel é constituída pelo N-NO_3^- e N-NH_4^+ , sendo imediatamente disponível à vida aquática. Para o N na forma de N-NO_3^- , a lixiviação é o principal processo envolvido no transporte desse íon do solo para a água devido sua baixa capacidade de retenção, na maioria dos solos.

Na nascente N5 ocorreu a maior concentração de nitrogênio total, quando comparado aos valores das outras nascentes, com média de $6,15 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela 2), coincidindo com o período de manejo na cultura da cana (Figura 6). Segundo a Resolução Conama 357/2005, determina-se os valores limitantes de nitrogênio total, sendo de até $1,27 \text{ mg L}^{-1}$ em ambientes de água parada e $2,18 \text{ mg L}^{-1}$ em água corrente, valores utilizados como indicadores ambientais em locais com potencial processo de eutrofização. Desta forma pode-se observar na Tabela 2 e Figura 6 que todas as nascentes apresentaram valores máximos de Nitrogênio total superiores ao limite permitido pela Resolução Conama 357/2005, evidenciando o risco de contaminação das nascentes (N1, N2 e N3) pelo sistema de cultivo da cana-de-açúcar, mesmo estando envoltas pela área de preservação ambiental.

No entanto Von Sperling (2014), discutindo sobre a qualidade da água em ambientes eutrofizados, cita que o índice limite de nitrogênio total em águas superficiais pode ser considerado de 10 mg L^{-1} . Observa-se na Figura 6 que a nascente N5, envolta apenas pelo sistema produtivo de cana-de-açúcar, apresentou os maiores índices de nitrogênio durante o período estudado ($14,68$ e $13,27 \text{ mg L}^{-1}$ respectivamente), indicando que esta nascente pode estar passando por um processo de eutrofização e a qualidade da água sendo afetada de forma prejudicial.

Sabe-se que o nitrogênio total é considerado um indicativo de contaminação, seja por fertilizantes, esgoto ou excretas de animais, portanto sua presença nos corpos d'água merece atenção quando se faz monitoramento dos

parâmetros da água.

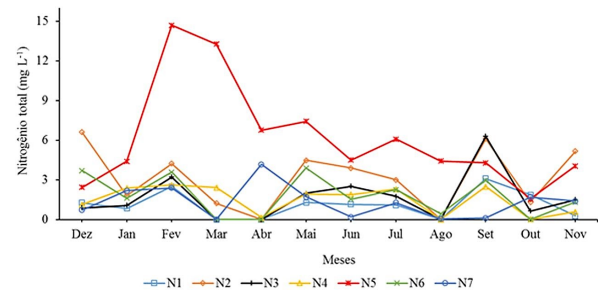


Figura 6. Valores médios de nitrogênio total da água, em mg L^{-1} , das nascentes (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7) na sub-bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP, durante o período de estudo (Dezembro de 2010 a Novembro de 2011).

A caracterização das condições hidrológicas das nascentes das sub-bacias hidrográficas da bacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória indica que as atividades antrópicas, incluindo o manejo de solo, plantio, utilização de defensivos agrícolas, colheita mecanizada e dentre outras práticas culturais no sistema produtivo, interferem no recurso hídrico da rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, realizadas durante o período de safra da cana-de-açúcar na área em estudo, tendo em vista que as maiores variações ocorreram em períodos de manejo mais intenso (Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março), de acordo com Silva (2009). As práticas de manejo da cultura de cana-de-açúcar, tais como: preparo e correção do solo, plantio, aplicação de defensivos e adubos e colheita, foram anotadas durante o período de avaliação em planilhas e por imagens fotográficas. Observa-se que, a área de mata ciliar tende a proteger os recursos hídricos das ações antrópicas.

Verificou-se uma contribuição das áreas de mata ciliar e do manejo sobre os recursos hídricos. As condições da qualidade da água nas sub-bacias hidrográficas, ao longo do recurso hídrico, é produto dos diversos fatores atuantes no trecho que separa os pontos, tais como características físicas do leito do rio, geomorfológicas, presença de vegetação ciliar, o regime climático e pelas interferências antrópicas.

Conclusão

A água da rede de drenagem das nascentes N1, N2 e N3 protegidas por mata ciliar,



apresentaram menor variabilidade dos parâmetros físicos temperatura e turbidez, e do parâmetro químico oxigênio dissolvido em relação as demais nascentes N4, N5, N6 e N7 sem proteção vegetal.

Todas as nascentes apresentaram valores máximos de Nitrogênio total acima do limite estipulado (2,18 mg L⁻¹) pela Resolução Conama 357/2005, indicando que o efeito do sistema produtivo da cana-de-açúcar afeta direta e negativamente a qualidade da água para ambientes protegidos ou não por mata ciliar.

Para minimizar os danos causados pelo cultivo de cana-de-açúcar na qualidade da água em sub-bacias hidrográficas recomenda-se realizar o manejo em períodos distintos das épocas de maior precipitação pluviométrica (Dezembro a Março).

Agradecimentos

À Prof.(a). Dr.(a). Teresa Cristina Tarlé Pissarra pela confiança e oportunidade. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo e à Michele Cláudia Silva, pelo apoio e dedicação a pesquisa.

Referências

ABNT. NBR 9898. Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1987, 22p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>. Acesso: 20/07/2015.

ANA (Agência Nacional de Águas, 2015). Índice de qualidade de água. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indiceaguas.aspx#_ftn8. Acesso em: 20/07/2015.

APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed.; American Public Health Association: Baltimore, MD. 2012, 1360p.

BRASIL. Portaria nº 2.914. (12 de Dezembro de 2011). Brasília, DF: Ministério da Saúde. 2011, 34p. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/PortariaMS291412122011.pdf. Acesso em: 20/06/2015.

BRITTO, F.B.; SILVA, T.M.M.; VASCO, A.N.; NETTO, A.O.A.; CARVALHO, C. M. Impactos da produção do arroz inundado na qualidade da água do Rio Betume, Sergipe. **Agropecuária Técnica**, v.37, n.1, p.44-54, 2016.

CARVALHO, A.; SCHLITTLER, F.; TORNISIELO, V. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v.23, n.5, p.618-622, 2000.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Relatórios e Publicações de águas subterrâneas e superficiais. 2015. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 20/07/2015.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar**. v.2, n.1, p.1-33, 2015.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a resolução Nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 20/07/2015.

DE FREITAS, M.A.; ROISENBERG, A.; ANDRIOTTI, J.L.S. Análise exploratória de dados da condutividade elétrica nas águas do sistema aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Águas Subterrâneas**, v.30, n.1, p.1-17, 2016.

DE FREITAS, P.B.W.; MACIEL, M.D.N.M.; DE ASSIS O.F.; DA SILVA A.M.A.M.; RIBEIRO, A.M.; FERREIRA, B.M.; RIBEIRO, E.G.P. Land use and water quality degradation in the Peixe-Boi River watershed. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.2, p.472-485, 2016.

DE PAULA, M.R.; BENEDETTI, A.C.P.; PEREIRA FILHO, W. Influência do Uso e Cobertura da Terra Aliado à Precipitação Pluviométrica na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí-RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v.2, p.143-152, 2016.

DE SOUZA, J.R.; DE MORAES, M.E.B.; SONODA, S.L.; SANTOS, H.C.R.G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodepa**,



v.8, n.1, p.26-45, 2014.

DONADIO, N.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.D. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EMBRAPA SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GUERRA, S.M.S.; DA SILVA, A.M.R.B.; ARAÚJO, S.P.; CORRÊA, M.M.; DA SILVA, V.L.; SANTOS, B.R.T. Caracterização Morfométrica e Avaliação da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica de Bita, Ipojuca-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.3, p.759-775, 2015.

HORTON, R.E. Erosional development of stream and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin Geological Society of America**, v.56, n.1, p.275-370, 1945.

MAIA, S.A.; WACHHOLZ, F.; DOS SANTOS, R.G.; JÚNIOR, J.C.F. Os impactos da agricultura urbana na qualidade da água na nascente do igarapé do Mindu-comunidade Nova Esperança (MANAUS-AM). **Boletim Amazônico de Geografia**, v.2, n.4, p.1-9, 2016.

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; CLARKE, R.T. Método "fingerprinting" para identificação de fontes de sedimentos em bacia hidrográfica rural. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.5, p.633-638, 2009.

MORAIS, R.C.S.; SILVA, C.E. Diagnóstico ambiental do Balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.17, n.1, p.41-50, 2012.

NÉRI, A.M.; DA CUNHA-SANTINO, M.B. Diagnóstico da qualidade da água para o abastecimento público em dois pontos de captação na bacia do monjolinho (São Carlos/SP). **Revista de Ciências Ambientais**, v.9, n.2, p.107-123, 2015.

OLIVEIRA, J.B.; ROSSI, M.N.; CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, SP (Brasil). Centro Nacional de Pesquisa de Solos Instituto Agronômico, Campinas, SP (Brasil), 1999.

Disponível em:
http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/mapa_pedologico_Solos_Estado_de_Sao_Paulo.pdf. Acesso em: 26/04/2017.

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.297-305, 2004.

RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, S. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v.35, n.3, p.314-324, 2009.

SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A.P.S.; MACEDO, M.N.C. Análise hidrológica e socioambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa – MG. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.931-940, 2007.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, M.C. **Qualidade hídrica e morfometria da Microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga – SP**. Jaboticabal-SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. 74p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Jaboticabal, 2009.

SMITH, W.S.; NASCIMENTO, M.B.A. ictiofauna da bacia do rio Sarapuú, SP, Brasil: estrutura das assembleias e a influência da sazonalidade. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 20, n.1, p.29-41, 2016.

TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B.O. conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar – ReBraM**, v.11, n.1, p.137-156, 2015.

TOLEDO, L.G.; NICOLLELA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropical**, v.10, n.4, p.10, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais: Editora UFMG. 2014, 452p.

ZANINI, H.L.; AMARAL, L.A.; ZANINI, J.R.; TAVARES, L.H. Caracterização da água da microbacia do córrego rico avaliada pelo índice de qualidade de água e estado trófico. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.732-741, 2010.