

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAGUAÇU - BAHIA

José Ernesto Mattos Alves¹; Maria Lúcia Calijuri²; Isabella de Castro Carvalho³; Paula Peixoto Assemany⁴; Ana Paula Moreira de Faria⁵; Aníbal da Fonseca Santiago⁶ & Francisco José Ferreira de Salles⁷

RESUMO – A Bacia do Alto Paraguaçu constitui-se em um pólo produtor de hortifrutigranjeiros, sendo atualmente o maior produtor de batata-inglesa do Norte/Nordeste. A oferta de água na região pode ser considerada como fator limitante da expansão das fronteiras agrícolas. Assim, para avaliar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade dos recursos hídricos da bacia, foram realizadas três amostragens (duas na estação chuvosa e uma na seca) em 10 pontos ao longo da bacia. Calculou-se o índice de qualidade da água (IQA) para cada ponto, caracterizando a qualidade em cada sub-bacia gerada a partir da análise de comparação de mapas gerados nos softwares ArcGIS9.3 e Idrisi Andes. Os pontos 2 e 7 apresentaram qualidade “regular” e “ruim”, respectivamente, refletindo a falta de infraestrutura urbana (coleta e tratamento de esgoto) e a intensa agricultura com uso de fertilizantes. Apesar de todos os demais pontos terem sido classificados pelo IQA como de qualidade “boa”, os pontos 4 e 5 apresentaram valores de coliformes totais, de DBO e oxigênio dissolvido em desacordo com os valores recomendados pela legislação. Este trabalho ressaltou a importância da adequação do uso e ocupação do solo para a conservação dos recursos hídricos.

ABSTRACT – The Alto Paraguaçu Watershed is a major producer of fruits and vegetables, and is currently the largest producer of potatoes in the North / Northeast. The water supply in the region is considered a limiting factor to the expansion of agricultural frontiers. In order to evaluate the influence of land use and occupation on the water quality in the watershed, we collected three samples (two in the rainy season and one dry) at 10 point along the water courses. We calculated the water quality index (WQI) for each point, characterizing the quality of each sub-basin and compared it with land use maps generated in ArcGIS9.3 and Idrisi Andes. Points 2 and 7 presented "regular" and "bad" quality, respectively, reflecting the lack of urban infrastructure (sewage collection and treatment) and intensive agriculture using fertilizers. Despite the fact that all the other points have been classified by the WQI as "good" quality, points 4 and 5 showed values of total coliform, BOD and dissolved oxygen at odds with the values recommended by the legislation. This paper emphasized the importance of the appropriate land use and occupation for the conservation of water resources.

Palavras-chave: uso do solo, índice de qualidade da água, conservação dos recursos hídricos

-
- 1) Engenheiro Agrônomo, UFV, Av PH Rolfs, s/n, DEC, 36570-000 Viçosa. E-mail agroernestro@hotmail.com
 - 2) Professora Titular da UFV, DEC, Av PH Rolfs, s/n, 36570-000 Viçosa. E-mail calijuri@ufv.br
 - 3) Mestranda em Saneamento Ambiental, UFV. Av PH Rolfs, s/n, DEC, 36570-000 Viçosa. E-mail isakpi@yahoo.com.br
 - 4) Mestranda em Saneamento Ambiental, UFV. Av PH Rolfs, s/n, DEC, 36570-000 Viçosa. E-mail paula_assemany@hotmail.com
 - 5) Mestranda em Saneamento Ambiental, UFV. Av PH Rolfs, s/n, DEC, 36570-000 Viçosa. E-mail apmfaria@gmail.com
 - 6) Doutorando em Saneamento Ambiental. Av PH Rolfs, s/n, DEC, 36570-000 Viçosa. E-mail anibalsantiago@gmail.com
 - 7) Estudante de graduação em Agronomia na UFV. Av PH Rolfs, s/n, DEC, 36570-000 Viçosa. E-mail xicoferrer@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A problemática ambiental concentra-se principalmente nas reservas de água doce, capazes de suprir, em quantidade e qualidade, o consumo humano atual e futuro. O crescimento demográfico e a redução da oferta provocada pelos efeitos de degradação ambiental têm causado o aumento da demanda. Assim em determinadas regiões além da escassez quantitativa, a população sofre também pela qualidade da água estar comprometida (CUNHA, 2010).

A região do Alto Paraguaçu constitui-se em um pólo produtor de hortifrutigranjeiros, destacando-se também no cultivo do café e é atualmente o maior pólo produtor de batata-inglesa do Norte/Nordeste. O potencial de terras irrigáveis ultrapassa os 40.000 hectares, assim a oferta de água pode ser considerada como o fator limitante da expansão das fronteiras agrícolas dessa região (FERNANDEZ, 2001). De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Paraguaçu, a vazão crítica (Q_{95}) e a vazão média da bacia são de $2,39 \text{ m}^3/\text{s}$ e $9,35 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. Assim, ao confrontar a disponibilidade hídrica da bacia com a demanda de água de $9 \text{ m}^3/\text{s}$ pelos usos múltiplos (geração de energia, irrigação, dessedentação de animais e abastecimento humano), tem-se que o balanço hídrico da bacia é negativo para os períodos críticos ($-6,6 \text{ m}^3/\text{s}$) e praticamente nulo quando se considera a vazão média de $9,35 \text{ m}^3/\text{s}$ (FERNANDEZ, 2001).

Aliado ao problema de demanda de água destaca-se a problemática de uso e ocupação do solo. A simbiose entre empreendedores e Estado, com investimentos em barragens para geração de energia, construção de rodovias e acesso ao crédito agrícola, deu início a uma nova fase de desenvolvimento da região. Em menos de uma década, a área irrigada passou de 1.600 hectares para 16.000 hectares plantados anualmente.

Atualmente a produção de hortaliça irrigada é a principal atividade socioeconômica da bacia. No modelo atual de produção da região os produtores vem incorporando novas áreas com o objetivo de diminuir os riscos associados às pragas e doenças do solo; de maneira geral, para cada hectare plantado de hortaliça existem outros cinco hectares em rotação de cultura com gramíneas e/ou em preparo para plantio.

De acordo com Lee et. al (2010), a qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser influenciada por fatores naturais como clima, cobertura vegetal, topografia, geologia, bem como por atividades antrópicas. Nesse sentido, com o histórico de ocupação e atuais atividades antrópicas desenvolvidas na Bacia do Alto Paraguaçu, acredita-se que as mudanças ambientais estejam sendo refletidas nos recursos hídricos.

Tendo em vista que a Bacia do Alto Paraguaçu apresenta balanço hídrico crítico e enfrenta problemas graves de conflitos pelo uso da água, torna-se imprescindível o gerenciamento desse recurso. A consideração desse fator de gestão na conservação dos recursos hídricos e na proposição de um zoneamento econômico-ecológico deve ser considerada a fim de direcionar as expansões no uso e ocupação do solo, principalmente nas atividades urbanas e agrícolas da região.

Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos decorrentes do uso e ocupação do solo na qualidade dos cursos d'água que compõem a Bacia do Alto Paraguaçu. Para alcançar o objetivo central, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- construir o banco de dados em formato digital;
- estudar as variáveis físicas, químicas e biológicas da água ao longo da bacia em três épocas de amostragem;
- calcular o índice de qualidade da água (IQA) para cada bacia;
- associar as características de qualidade da água com o uso e ocupação do solo na bacia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguaçu, uma área de 1800 km² que representa 3% da Bacia do Rio Paraguaçu e abriga a nascente deste. Localizada entre os espigões das Serras do Sincorá e as da Borda Oriental na região da Chapada Diamantina, Bahia (Figura 1), a Bacia do Alto Paraguaçu tem como principal núcleo urbano o distrito de Cascavel, pertencente ao município de Ibicoara. Possui 4,1% da sua área no Parque Nacional da Chapada Diamantina e 43,4% na zona de amortecimento do referido Parque. Possui ainda parte de sua área em três municípios, 7,4% em Barra da Estiva, 31,1% em Ibicoara e 61,4% em Mucugê.

A área de estudo possui declividade baixa com predomínio do relevo suave plano, de origem sedimentar e cobertura pedológica dos Latossolos. A vegetação predominante é a de Cerrado, na fisionomia de Campo Cerrado (Gerais). A pluviosidade média é de 960 mm/ano e o clima é caracterizado por temperaturas amenas com médias anuais de 19°C, sofrendo influência local da Serra do Sincorá, que condiciona os ventos predominantes e a distribuição espacial das chuvas.



Figura 1 – Localização da bacia de estudo.

2.2 Obtenção dos dados

O levantamento do uso e ocupação do solo foi realizado através da classificação de imagens do satélite Landsat-TM adquiridas do acervo do INPE. Segundo Mather (2004), a classificação de imagens ocorre em duas etapas, na primeira pelo reconhecimento de categorias de objetos do mundo real e na segunda através da rotulação de pixels que representam essas categorias. Para que a classificação seja supervisionada é necessário que o analista possua um conhecimento prévio das categorias que ocorrem na região de interesse.

Para produzir a imagem de uso do solo e cobertura vegetal empregou-se o processo de classificação supervisionada em um conjunto de imagens multiespectais do satélite Landsat sensor TM (Thematic Mapper). Foram colecionadas amostras de cada categoria e, a partir dessas, aplicou-se análise de variância para determinar parâmetros estatísticos necessários ao algoritmo classificador escolhido. Optou-se pelo método de estimação da máxima verossimilhança de uma função gaussiana multivariada, comumente empregada nesses casos. Nesse processo o algoritmo realiza uma generalização através de rotulação dos pixels (ou vetores espectrais) para toda a imagem.

Além da classificação de imagem de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal, implementou-se a base de dados com planos de informações do meio físico natural (curvas de nível, solos e hidrografia) em sistema de informação geográfica, para a obtenção de informações como o modelo digital de elevação, que deu suporte à divisão em sub-bacias.

2.3 Uso e ocupação do solo

Utilizou-se o módulo Land Change Modeler do software Idrisi Andes para realizar as análises das mudanças temporais de uso e ocupação do solo. Foram classificadas quatro imagens subsequentes: 1987, 1999, 2004 e 2010.

2.4 Características físicas da bacia

As características físicas da bacia foram analisadas a partir da divisão da Bacia do Alto Paraguai em sub-bacias, realizada com o auxílio do software ArcGIS 9.3. A delimitação dessas sub-bacias baseou-se nos pontos de amostragem e monitoramento da qualidade da água, georreferenciados através de GPS de posicionamento, e resultou em 10 subdivisões.

Ainda com o auxílio do ArcGIS 9.3 foram obtidas informações sobre os tipos de solo, porcentagem de alteração do uso e ocupação do solo e declividade média.

2.5 Qualidade da água

Foram realizadas três campanhas de amostragem para avaliação da qualidade da água em 10 pontos de amostragem e monitoramento, selecionados de forma a abranger de significativamente os diversos usos do solo em toda a área da bacia. O ponto 10 recebe a contribuição dos pontos 6, 1, 5, 7, 8 e 9, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

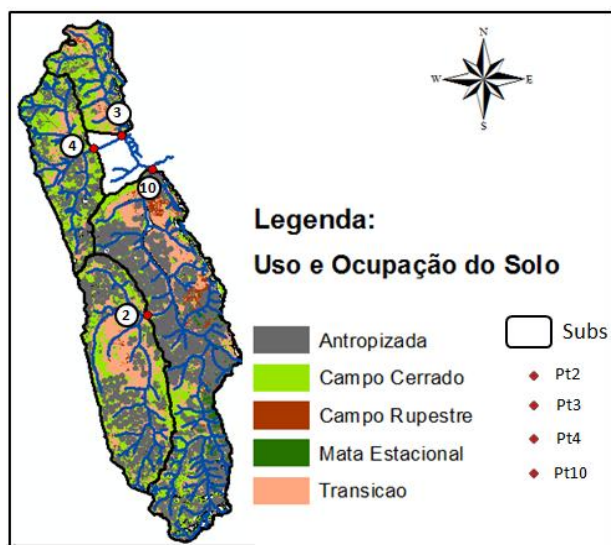


Figura 2 – Pontos de amostragens 2, 4, 3 e 10.

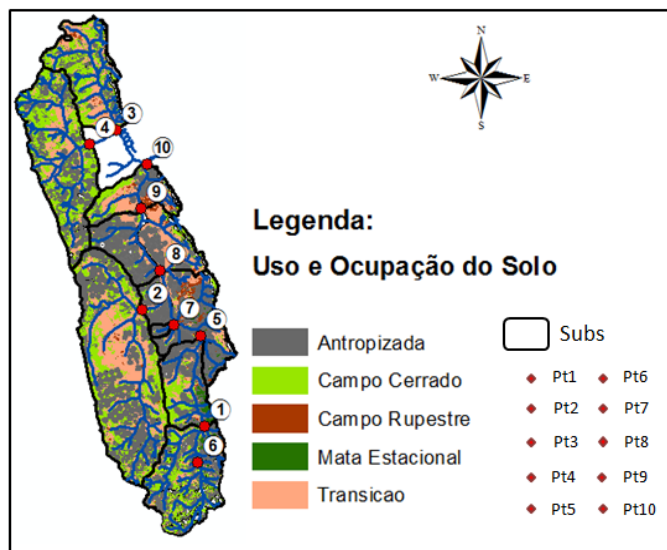


Figura 3 – Os 10 pontos de amostragens.

A tabela 1 apresenta uma breve descrição dos pontos amostrais, realizada através de observações em campo.

Tabela 1 – Descrição dos pontos amostrais

Ponto amostral	Características
Ponto 1 (P1)	Ponto amostral localizado perto da nascente e ao fundo e uma propriedade rural. Reflete as condições de drenagem de uma área antropizada, com resquícios de mata.
Ponto 2 (P2)	Ponto amostral localizado num vale, próximo a uma estrada pavimentada. Utilização da água para banho, lavagem de roupa e panelas de uso doméstico. Reflete as condições de uma sub-bacia com agricultura intensa e áreas de vegetação de transição.
Ponto 3 (P3)	Ponto amostral localizado próxima a uma estrada não pavimentada, abaixo da ponte. A ocupação da área é dada de forma incipiente apresentando alguns pontos agricultáveis. Reflete as condições de uma sub-bacia ainda pouco antropizada, com áreas de nascentes.

Ponto amostral	Características
Ponto 4 (P4)	Ponto amostral localizado próximo a estrada não pavimentada. Ao longo das margens predomina uma vegetação rasteira e um relevo plano. Reflete as condições de uma sub-bacia com avanço dos traços de agricultura.
Ponto 5 (P5)	Ponto amostral localizado próximo à região de ocupação de famílias que utilizam a água para banho, lavagem de vasilhas e criação de animais em pequenas propriedades. Reflete as condições de drenagem de uma área antropizada com agricultura intensa.
Ponto 6 (P6)	Ponto amostral localizado mais próximo da nascente. Há baixa ocupação do solo para fins agrícolas ou de moradia.
Ponto 7 (P7)	Ponto amostral localizado dentro do município de Cascavel. Há lançamento de esgoto doméstico in natura proveniente do município.
Ponto 8 (P8)	Ponto amostral localizado em ambiente lântico. A área foi inundada após a construção da barragem, existe a prática da pesca. Apresenta relevo plano e é circundado por vegetação rasteira.
Ponto 9 (P9)	Ponto amostral localizado perto da barragem do Apertado, com reduzida ocupação no seu entorno. Destaque para os bancos de areia devido à construção da barragem. Ambiente lântico.
Ponto 10 (P10)	Ponto amostral localizado perto da rodovia e caracterizado por um ambiente lântico, com predomínio plantas aquáticas. A ocupação no entorno desse ponto é bem reduzida, apresentando algumas residências.

As campanhas de amostragem de água foram realizadas entre 22 e 24 de janeiro de 2010 (1ª campanha), 27 e 28 de julho de 2010 (2ª campanha) e 21 e 22 de fevereiro de 2011 (3ª campanha), compreendendo o período chuvoso e seco do ano.

O parâmetro oxigênio dissolvido (OD) foi medido em campo por uma sonda multi-paramétrica em todos os pontos amostrados. Ressalta-se que estava chovendo durante a terceira campanha de amostragem, o que contribuiu para o aumento da vazão bem como para a alteração na cor da água.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados foram demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total (NT), nitrato total (N-NO₃), fósforo total (PT), fosfato total (PO₄³⁻), sólidos totais (ST), sólidos em suspensão totais (SST) e coliformes totais (CT). As amostras foram coletadas, transportadas e analisadas de acordo com o recomendado pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005).

2.5.1 IQA

A partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato total, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais (CETESB, 2007).

O (IQA) é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros citados. Apresenta-se na Equação 1 a fórmula de cálculo.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

em que:

q_i – qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

w_i – peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

No cálculo do índice atribui-se um peso a cada uma das variáveis de acordo com a importância da mesma, sendo que as mais importantes recebem maior ponderação. Esses pesos são distribuídos de tal forma que a soma de todos seja igual a 1,0. Ainda no cálculo do IQA utiliza-se de curvas padrão para atribuir uma qualidade à variável mensurada. Essa qualidade é um valor numérico que varia de 1 a 100 sendo que cada variável possui uma forma peculiar de variação (CETESB, 2007).

Foram utilizados os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da qualidade da água nos 10 pontos de amostragem para o cálculo do IQA nesses pontos. Os pontos foram classificados de acordo como os intervalos de valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Intervalos de classificação do IQA.

Classificação	Intervalo
Ótima	79 < IQA < 100
Boa	51 < IQA < 79
Regular	36 < IQA < 51
Ruim	19 < IQA < 36
Péssima	IQA < 19

Fonte: CETESB (2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso e ocupação do solo

A Tabela 3 apresenta os valores das áreas correspondentes a cada classe de uso e cobertura do solo, para os anos estudados.

Tabela 3 – Área das classes de uso e ocupação do solo em diferentes anos.

Classes	Áreas (ha)			
	1987	1999	2004	2010
Campo Cerrado	69,26	72,94	64,34	45,99
Transição	45,85	42,89	42,08	38,46
Mata Estacional	7,95	7,08	6,94	5,03
Campo Rupestre	9,43	14,74	7,57	6,13
Antropizada	40,54	35,38	52,09	77,42

A diminuição da área antropizada entre os anos de 1987 e 1999 reflete a mudança da classe Antropizada para Campo Cerrado, pois o abandono destas áreas abertas para a produção de grãos de sequeiro permitiu o restabelecimento da vegetação natural. Considerando todo o período analisado, de 1987 a 2010, houve um aumento de 91% da área antropizada, notadamente para o desenvolvimento da agricultura irrigada de hortaliças.

A classe mais antropizada ao longo de todo o período foi a de Campo Cerrado, principalmente pelo fato desta classe estar sobre solos profundos e relevo plano, condições que facilitam a agricultura mecanizada.

A classe de Mata Estacional, localizada ao sudeste da Bacia do Alto Paraguaçu, vem sendo substituída pela cultura do café, pois estas áreas estão sujeitas a precipitações mais elevadas e sobre solos profundos com alto teor de matéria orgânica, condições adequadas para cafeicultura familiar de sequeiro.

A classe de Transição, proporcionalmente, foi a que menos sofreu modificações devidas principalmente aos custos associados à abertura destas áreas que se apresentam com vegetação mais densa. No entanto, pela tendência natural do desenvolvimento da região, estas áreas serão antropizadas, dando lugar à atividade de agricultura irrigada.

Na Figura 4 apresentam-se os mapas de uso e ocupação do solo para os períodos estudados. As áreas antropizadas representam principalmente a atividade da agricultura, e na Figura 4 podem ser observadas áreas circulares que correspondem aos pivôs centrais de irrigação.

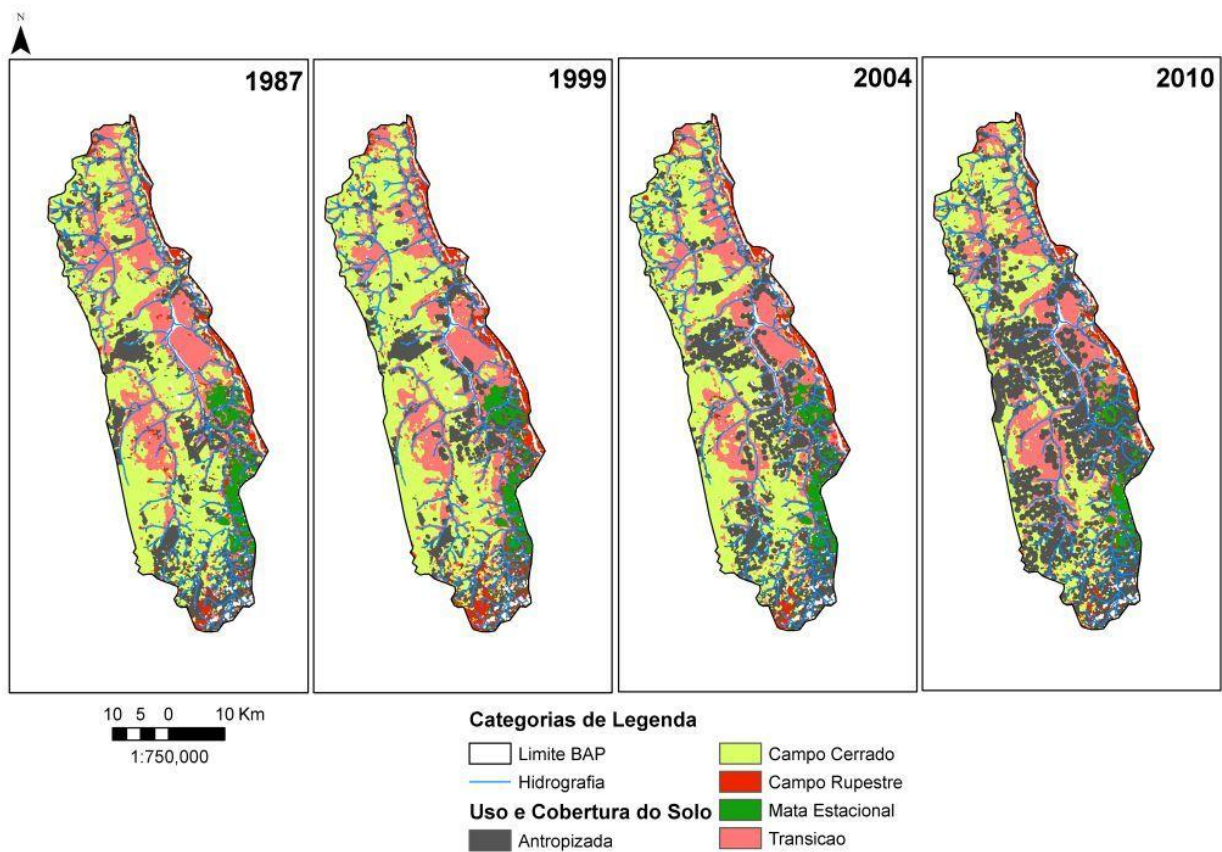


Figura 4 – Evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Paraguaçu.

O uso e ocupação do solo durante o período analisado esteve condicionado, na década de 80, à abertura de áreas para plantio de grão de sequeiro. No início da década de 90, a diminuição das áreas antropizadas foi causada pelo abandono da atividade anterior. A partir de meados da década de 90 o aumento expressivo da área antropizada aconteceu a partir da construção da barragem do Apertado, para desenvolvimento da agricultura irrigada, notadamente para o plantio de hortaliças.

A Tabela 4 mostra o tipo de uso e ocupação do solo predominante em cada sub-bacia, bem como suas respectivas áreas e porcentagens, no ano de 2010.

Tabela 4 – Área e porcentagem de uso e ocupação do solo predominante em cada sub-bacia, para o ano de 2010.

Sub-bacia	Uso e ocupação	A (km²)	%
Sub 1	Antropizada	110,37	60,55
Sub 2	Antropizada	197,09	45,83
Sub 3	Campo Cerrado	73,21	45,52
Sub 4	Campo Cerrado	118,50	43,57
Sub 5	Antropizada	159,52	54,73
Sub 6	Antropizada	53,75	74,85
Sub 7	Antropizada	6,23	84,64
Sub 8	Antropizada	195,48	57,99
Sub 9	Antropizada	374,02	58,99
Sub 10	Antropizada	404,55	56,26

Observa-se predominância de áreas antropizadas em praticamente todas as sub-bacias, exceto as sub-bacias 3 e 4, localizadas na porção norte da Bacia do Alto Paraguaçu, onde a prática da agricultura, representada nas classes de uso e ocupação como classe antropizada, não é tão intensa como nas outras sub-bacias.

3.2 Qualidade da água

3.2.1 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido na água é consumido quando a matéria orgânica presente entra em processo de estabilização pelas bactérias aeróbias, assim o excesso de carga poluidora irá esgotar o OD,

podendo levar a condições de anaerobiose. Valores de OD muito inferiores à saturação (9,2 mg/L, 20°C) são indicativos da presença de matéria orgânica proveniente, na maioria das vezes, de esgotos sanitários (von SPERLING, 2005). Como apresentado na Figura 5, os pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 10 apresentaram valores de OD abaixo de 5 mg/L (limite da Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe II) em pelo menos uma coleta.

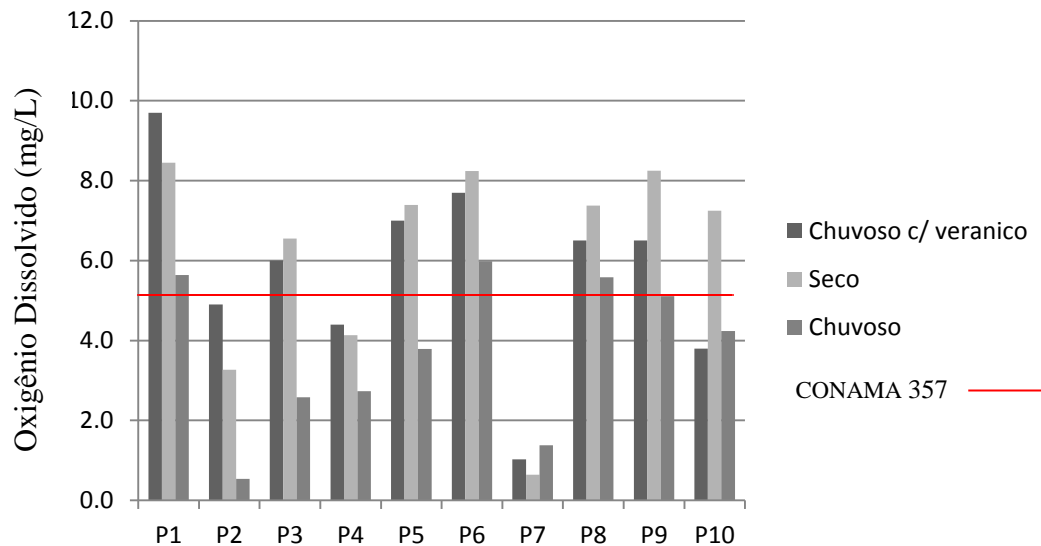


Figura 5 – Resultados de oxigênio dissolvido para cada coleta realizada.

Acredita-se que as baixas concentrações de oxigênio das sub-bacias 2 e 7 podem ser atribuídas ao lançamento de carga orgânica no curso d'água, pois ambas se localizam em área intensamente antropizada. A sub-bacia 7, especificamente, drena o distrito de Cascavel, que não possui tratamento nem coleta do esgoto doméstico, contribuindo com o aumento da carga orgânica que ao ser degradada consome o oxigênio dissolvido. Já as baixas concentrações apresentadas pela sub-bacia 4 podem ser explicadas pelo avanço da área antrópica na região, com atividades de agricultura, apesar da mesma se encontrar bem próxima à nascente.

3.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio é um dos métodos para quantificar a matéria orgânica ou seu potencial poluidor. O valor máximo de DBO para rios Classe II é de 5 mg/L, e de acordo com a Figura 6 todos os outros pontos apresentaram valores acima do permitido em pelo menos uma coleta, com destaque para a maior concentração nos pontos 2 e 7. Como ocorrido com o oxigênio dissolvido, a alta carga orgânica apresentada pelo Ponto 7 deve ser proveniente do lançamento in natura de esgoto

doméstico no curso d'água, uma vez que está inserido em áreas de maior influência da urbanização. A alta concentração encontrada em todos os pontos amostrados caracteriza uma influência antrópica de aporte de matéria orgânica nas águas, que pode ser representada por arraste de solo (horizonte superficial, rico em matéria orgânica), lançamento de esgoto in natura e arraste de fertilizantes e/ou pesticidas para os corpos d'água.

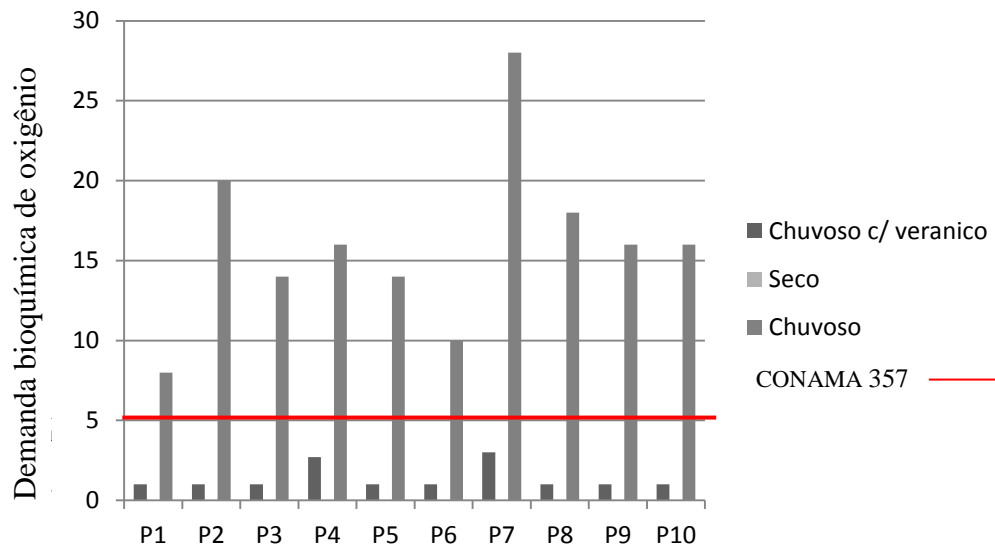


Figura 6 – Resultados de demanda bioquímica de oxigênio para as coletas realizadas.

Salami (1996), ao estudar o rio Monjolinho, observou aumento da demanda bioquímica de oxigênio após a passagem pela área urbana de São Carlos (SP), o que considerou como sendo consequência da drenagem da bacia e a entrada de esgoto doméstico. O mesmo acontece na bacia do Alto Paraguaçu, mesmo não sendo essa uma bacia predominante urbana como a de São Carlos.

Os valores mais elevados no período seco podem ser explicados, de acordo com CETESB (2008-b), à menor ocorrência de chuva, e consequente diminuição do efeito da diluição da carga orgânica.

3.2.3 Nutrientes

Os nutrientes (nitrogênio e fósforo) são elementos indispensáveis para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, podem conduzir a um crescimento exagerado desses organismos. Em corpos d'água, a determinação das formas predominantes pode fornecer informações sobre o estágio da poluição (von SPERLING, 2005). Em áreas com intensa atividade agrícola, o monitoramento e controle dos nutrientes são essenciais para a preservação dos recursos hídricos, uma vez que o aporte de nutrientes é diretamente relacionado com o uso agrícola do solo.

- Nitrogênio total

O valor discrepante (como pode ser observado na Figura 7) apresentado pelo ponto 8 na última coleta, pode ser devido ao acúmulo desse nutriente no ambiente lântico, já que esse ponto é localizado à jusante dos pontos de maior antropização e atividade agrícola. Nos pontos 2 e 7, há grande aporte de nitrogênio pelo lançamento de esgoto doméstico e pela drenagem de solos agrícolas, devido à intensa aplicação de fertilizantes. A vegetação ciliar é praticamente ausente em todas as sub-bacias, e inclusive no entorno das barragens, aumentando o carreamento desse nutriente do solo para dentro dos corpos d'água.

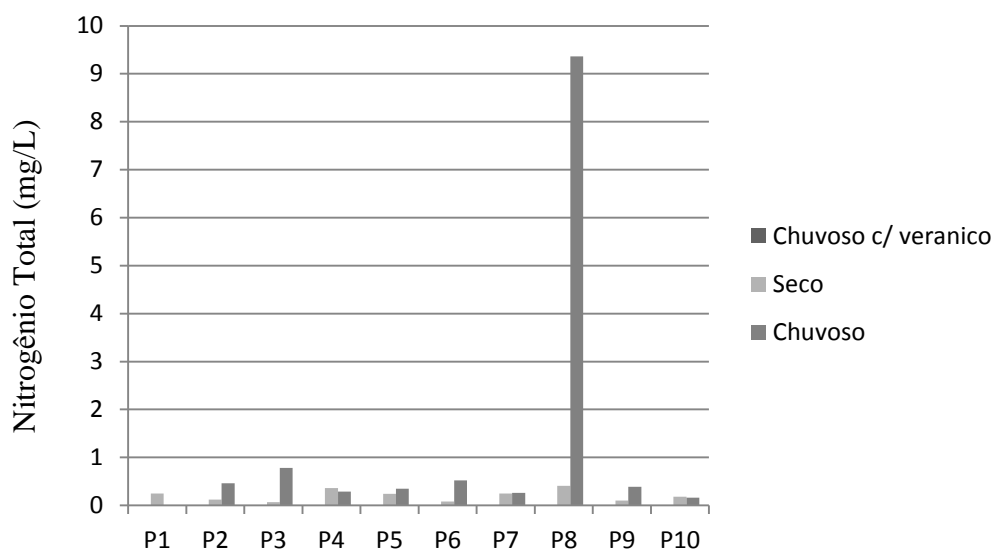


Figura 7 – Resultados de nitrogênio total para as coletas realizadas.

Assim como o observado na Figura 7, maiores concentrações de nitrato nos recursos hídricos de bacias predominante agrícolas, no período chuvoso, foi observada por diversos outros pesquisadores, ao estudarem a poluição difusa em diversos países, como na Inglaterra (HOWDEN et al., 2009) e Chile (RIBBE et al., 2008).

3.2.4 Fósforo

- Fósforo total

O valor máximo estabelecido na Resolução CONAMA 357 para o fósforo total é de 0,03 mg/L para ambientes lânticos. Todos esses ambientes (pontos 3, 8, 9 e 10) ultrapassaram este valor, devido,

provavelmente, à intensa atividade agrícola na região, com uso indiscriminado de fertilizantes. Para ambientes lóticos, o limite é de 0,05 mg/L, estando somente o ponto 7 bem próximo desse valor, conforme pode ser observado na Figura 8.

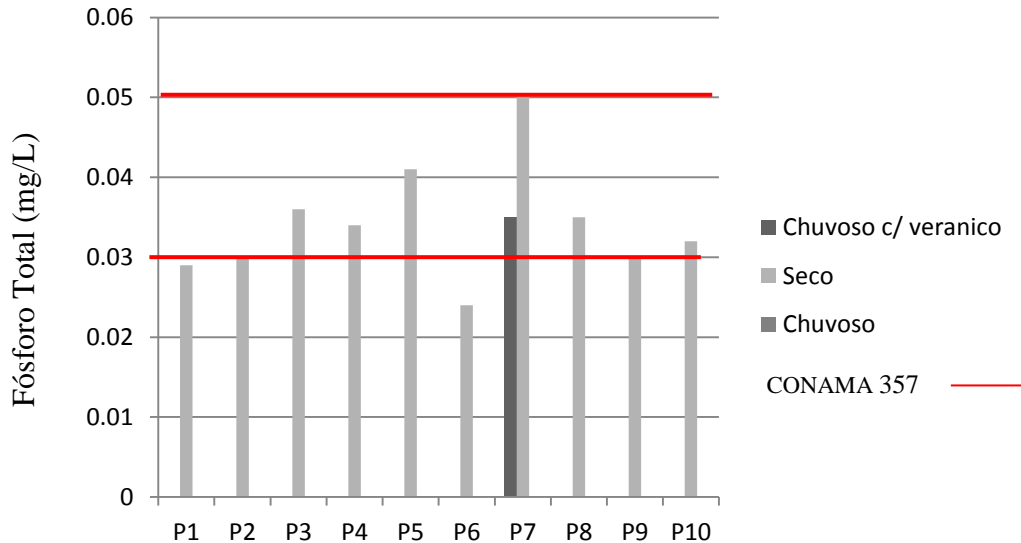


Figura 8 – Resultados de fósforo total para cada coleta realizada.

Assim como ocorre com o aporte de nitrogênio, o fósforo em quantidade excessiva é prejudicial aos corpos d'água por promover a eutrofização dos mesmos. Há o crescimento exagerado de plantas aquáticas, podendo impulsionar também o aparecimento de cianobactérias, que dependendo da espécie liberam toxinas na água, comprometendo a qualidade do corpo hídrico. A ausência de vegetação na beira dos rios e dos lagos artificiais são também fatores que contribuem para o maior aporte de fósforo nas águas, principalmente em áreas antropizadas, com forte atividade de agricultura como as representadas pelos pontos 5 e 7.

3.2.5 Coliformes Totais

O grupo de bactérias coliformes é considerado o principal indicador de contaminação bacteriológica de origem fecal e define a adequabilidade do uso da água. De acordo com a Figura 9, em todos os pontos a contagem foi maior que 1000 unidades formadoras de colônias por 100 mL, porém nos pontos 1, 3, 5, 6 e 7 identificou-se um número mais expressivo. Isso pode ser resultado da antropização intensa, da presença de muitas comunidades nas margens do Rio Paraguaçu que não possuem saneamento básico e também da presença marcante de animais pastando à beira rio.

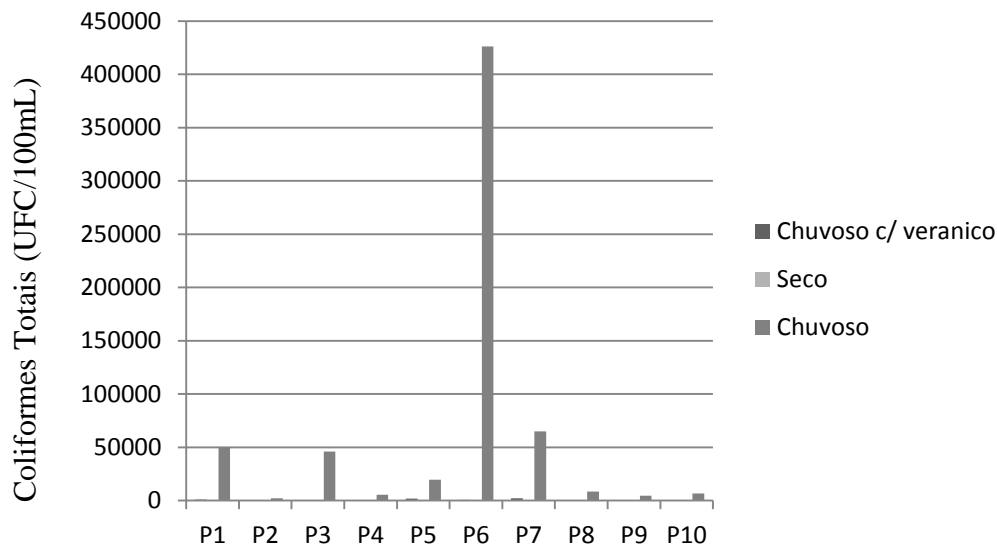


Figura 9 – Resultados de coliformes totais para cada coleta realizada.

3.2.6 Sólidos suspensos totais

De acordo com Cunha (2010) a presença em excesso de sólidos suspensos em um corpo d'água afeta direta e indiretamente a biodiversidade no ambiente hídrico. A qualidade do rio é afetada, pois sua transparência é reduzida, diminuindo a capacidade das plantas aquáticas em realizar a fotossíntese. Além disso, os sólidos em suspensão podem provocar a obstrução do sistema respiratório dos peixes, danificar ovos e afetar a população de macroinvertebrados. Na bacia do Alto Paraguaçu, os valores de sólidos suspensos, refletem atividade agrícola intensa na região, com desmatamento da mata e do cerrado para criações de plantações. Não há adoção de práticas conservacionistas por parte dos agricultores, o solo então, fica constantemente descoberto e sujeito à ação erosiva. Sub-bacias como 2, 3, 4, 5, e 10 não possuem grandes municipalidades, mas possuem a agricultura como principal forma de uso e ocupação do solo, apresentando altos valores de SST, como pode ser observado na Figura 10.

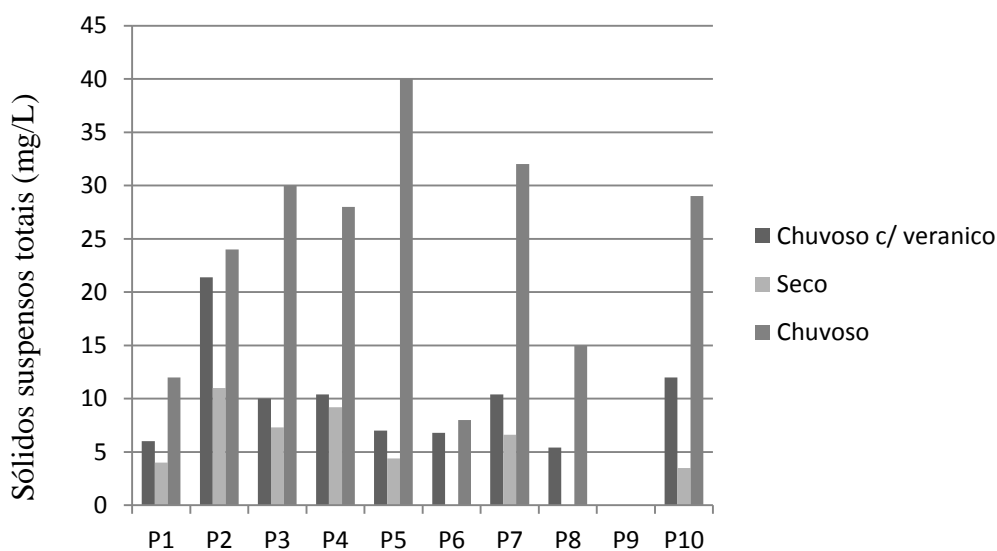


Figura 10 – Resultados de sólidos suspensos totais para cada coleta realizada.

4 IQA

Para o cálculo do IQA, foram utilizadas as médias dos valores para os parâmetros OD, DBO, ST, temperatura, pH, N-NO₃ e PO₄³⁻, turbidez e CT, em cada um dos 10 pontos, e o resultado está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores e classificação de IQA para cada ponto amostrado.

Ponto	IQA Médio	Classificação
1	64	Boa
2	49	Regular
3	59	Boa
4	54	Boa
5	53	Boa
6	61	Boa
7	34	Ruim
8	67	Boa
9	77	Boa
10	61	Boa

Conforme observado na Tabela 5, os pontos 2 e 7 foram os que apresentaram menores valores de IQA. Os parâmetros que mais contribuíram para isso foram as concentrações de OD e DBO, o que está

relacionado ao fato dessas áreas serem bastante antropizadas, com atividades de lavagem de roupas e banhos (ponto 2) e lançamento de esgotos domésticos (ponto 7), além de agricultura intensiva. Os pontos 4 e 5, apesar de terem sido classificados como de qualidade “boa”, apresentaram valores bem próximos do limite para a qualidade “regular”, fato considerado como um ponto negativo da utilização de índices, uma vez que leva à falsa impressão de qualidade. No caso do ponto 5, além da agricultura intensiva, com utilização de fertilizantes e exposição do solo, há ocupação de famílias, criação de suínos e bovinos, o que pode contribuir para incremento da carga orgânica e aporte de organismos patogênicos. O ponto 4 apesar de localizado em região de nascente, apresenta parte de sua área com uso agrícola em expansão, levando-se a inferir de que mesmo em quantidade não predominante na sub-bacia, a intensidade do uso antrópico influencia negativamente a qualidade dos recursos hídricos.

5 CONCLUSÕES

Com o estudo espaço-temporal de uso e ocupação das sub-bacias e a avaliação da qualidade da água nesses pontos, foi possível identificar a alteração da qualidade dos cursos d’água provocada pela intensificação da atividade antrópica na bacia. O desmatamento de formações vegetais de mata e cerrado para a expansão da fronteira agrícola, principalmente nas sub-bacias 1,2,4,5,6,7,8, influenciou negativamente a qualidade dos corpos d’água, em termos de aporte de carga orgânica, organismos patogênicos, sólidos e nutrientes. Sub-bacias como as 2, 4 e 5 são claramente afetadas pelo uso agrícola; e já a sub-bacia 7 possui a urbanização não planejada e sem infra-estrutura adequada como principal fator comprometedor da qualidade de suas águas.

Os cursos d’água na Bacia do Alto Paraguaçu apresentaram boa qualidade, de maneira geral, com exceção das bacias 2 e 7, classificadas como “regular” e “ruim”, respectivamente. Essas bacias são afetadas pelas atividades antrópicas, representadas principalmente pela agricultura intensiva, com uso indiscriminado de fertilizantes e práticas não conservacionistas do solo, além da falta de infraestrutura urbana, como coleta e tratamento do esgoto doméstico.

A utilização do IQA pode ser proposta como forma de monitorar a qualidade da água e antecipar problemas relacionados à mudança de classe do corpo hídrico, servindo de suporte para alimentar o zoneamento ecológico-econômico da região do Alto Paraguaçu. Também deve ser usado para subsidiar programas de monitoramento dos recursos hídricos, visando a conservação dos mesmos, de forma a garantir, quali e quantitativamente, a demanda para os diversos usos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro concedido para a realização e a publicação desse trabalho.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed., Washington, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (2007). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. 2007. Série de Relatórios Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das-%C3%81guas-%28iqa%29>. Acesso em: 23 de maio de 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (2008). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. 2008. Série de Relatórios. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em 01 de junho de 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) (2005). Resolução nº 357, de março de 2005. Estabelece classificação para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. DOU. Nº 53. Seção 1. p.58. Brasília-DF, de 18 de março de 2005.

CUNHA, C. A. G. (2010). *A sub-bacia do Rio Jacupiranga: análise dos aspectos sócio-econômicos e ambientais como subsídio para o manejo sustentável da região do Vale do Ribeira de Iguape, São Paulo*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

FERNANDEZ, J. C. A (2001). *Otimização dos Recursos Hídricos e a Geração de Energia Elétrica: O Caso da Bacia do Alto Paraguaçu na Bahia*. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 32, n. Especial p. 483-504.

HOWDEN, N.J. K.; BOWES, M. J.; CLARK, A. D.; HUMPHRIES, N.; NEAL, C. (2009). *Water Quality, nutrients and the European union's Water Framework Directive in a lowland agricultural region: Suffolk, south-east England*. Science of the Total Environment, v.407,p.2966-2979, 2009.

LEE, J. Y.; YANG, J.S.; KIM, D. K.; HAN, M. Y. (2010). Relationship between land use and water quality in a small watershed in South Korea. *Water Science and Technology*, v.62.11, p. 2607-2615.

MATHER, P. M. (2004). *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 3rd. Ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 324 p. ISBN 0-470-84919-3.

RIBBE, L; DELGADO, P.; SALGADO, E.; FLUGEL, W.A. (2008). Nitrate pollution of surface water induced by agriculture non-point pollution in the Pochay watershed, Chile. *Desalination*, v.226, p.13-20.

SALAMI, L. N. B. P. (1996). *Estudo das influências climáticas e antropogênicas, nas características físico-químicas, no rio Monjolinho, 1996*. 163p. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

VON SPERLING, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 3. Ed. Belo Horizonte.