

APLICAÇÃO DE DOIS INDICADORES AMBIENTAIS PARA QUANTIFICAÇÃO DA ANTHROPIZAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO IPÊ (SP) – BRASIL

APPLICATION OF TWO ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR QUANTIFICATION OF ANTHROPIZATION IN THE WATERSHED OF THE STREAM OF IPÊ (SP) - BRAZIL

Diego Javier Pérez O.¹, Sergio Luis de Carvalho²

Fecha de recepción: Febrero 22 de 2012

Fecha de aceptación: Junio 28 de 2012

RESUMO

A agricultura é uma das atividades mais impactantes negativamente nos ecossistemas naturais e é a maior atividade antrópica, devido ao uso da terra e sua forte influência sobre a qualidade ambiental pela pressão e ocupação do espaço. Essas influências também são registradas nos corpos de água, criando assim uma modelagem da paisagem de natureza antrópica. Para entender seus efeitos precisa-se de indicadores que quantifiquem o desequilíbrio nos ecossistemas, além das interações dos respectivos componentes de uma bacia. Neste trabalho aplicou-se o índice de transformação antrópica, com o fim de identificar e avaliar as mudanças no uso e ocupação de solos através dos anos, e o índice de qualidade da água, para testar os níveis de poluição atual. Posteriormente comparam-se os resultados dos anos de 2002 com os resultados de 2011, obtendo-se assim as diferenças entre estes, onde observou-se um aumento na degradação dos ecossistemas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê e as consequências por essas mudanças no aumento nos níveis de poluição produzidos nos recursos hídricos da bacia.

Palavras chave: pressão ambiental, desequilíbrio, degradação, índice de transformação antrópica, índice de qualidade da água.

¹ I.AF. M.Sc. Área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais. Ilha Solteira SP. Brasil
diegojavierperez77@hotmail.com

² Professor da UNESP no Programa da Pós-graduação Departamento de Biologia e zootecnia/ Ph. D em Faculdade de Engenharia Civil Faculdade de engenharia de Ilha Solteira, Brasil sergicar@bio.feis.unesp.br

ABSTRACT

Agriculture is one of the activities most impacting negatively on natural ecosystems and is the largest anthropogenic activity, due to land use and its strong influence on the environmental quality by pressure and occupation of space. These influences are also recorded in water bodies, thus creating a model of anthropic landscape of nature. To understand their effects needs are indicators that quantify the imbalance in ecosystems, and interactions of the components of a watershed. In this work, in this work applied the index of anthropogenic transformation, in order to identify and assess changes in soil use and occupation over the years, and the index of water quality, to test the current levels of pollution. Subsequently compares the results for the years of 2002 with the results in the years of 2011, thereby obtaining the differences between them, which showed an increase in the degradation of ecosystems in the watershed of the stream of Ipê and consequences of these changes by increasing levels of pollution produced water resources of the basin.

Key words: environmental pressure, imbalance, degradation effects, index, index of anthropogenic transformation, index of water quality, pollution.

INTRODUÇÃO

A utilização de indicadores ambientais é de grande importância para a vigilância ambiental, sendo ainda um instrumento valioso na análise de informações sobre o ambiente, colaborando para a execução de ações de controle de fatores ambientais que podem contribuir para a ocorrência de doenças e agravos em populações humanas.

No Brasil, observa-se que o número de problemas enfrentados na área ambiental vem aumentando ao longo do tempo, sendo necessário, portanto, desenvolver novos estudos das relações entre ambiente e saúde. Esses estudos devem promover a construção de metodologias que possibilitem estabelecer um diálogo cada vez maior entre as diversas áreas e que possam ser utilizados na solução dos problemas na área ambiental. Para a realização desses estudos, a utilização de indicadores são um instrumental precioso podendo colaborar e possibilitando subsidiar ou detalhar o conhecimento de inúmeros fatos e processos, não

tão simples de serem compreendidos, frente à complexa rede de interações que os envolve (Ministério da Saúde do Brasil, 2004).

Os efeitos sobre os ecossistemas tanto terrestres como aquáticos e finalmente sobre a saúde das populações relacionadas ao meio ambiente onde habitam, se transformam cada vez mais em uma preocupação maior para todos, nos levando a uma nova reflexão e necessidade de informações melhoradas, que possa dar suporte a uma nova forma de pensar e abordar os inúmeros problemas. E nesse processo de busca de informações os indicadores são instrumentos de avaliação importantes para o público e os gestores em geral, servindo de alerta para os diversos problemas nas mais diversas áreas (Dias *et al.*, 2004).

Em particular, os indicadores ambientais podem ser utilizados amplamente na identificação de tendências, contribuindo no estabelecimento de prioridades e na formulação de políticas em prol da melhoria das condições de vida da população e do meio ambiente por (Oliveira *et al.*, 2006).

Segundo Buch (2007), os seres humanos, os animais e os vegetais, a vida, em qualquer de suas formas, é diretamente afetada pela deterioração da qualidade da água, que pode ser gerada por poluição, por desmatamentos, por queimadas, entre outros.

De um modo geral, as abordagens de planejamento das atividades antrópicas e do uso dos recursos naturais, baseadas em modelos clássicos, têm falhado por dissociarem as questões socioeconômicas dos aspectos ambientais inerentes. Falta, nesse caso, o conhecimento das dinâmicas ambientais e socioeconômicas e do conflito que por ventura exista entre as metas de desenvolvimento socioeconômica e a capacidade de suporte dos ecossistemas (Pires y Santos, 1995).

As abordagens de planejamento e gestão que utilizam a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho são mais adequadas para a compatibilização da produção com a preservação ambiental; por serem unidades geográficas naturais (seus limites geográficos - os divisores de água - foram estabelecidos naturalmente), as bacias hidrográficas possuem características biogeofísicas e sociais integradas.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o índice de Transformação antrópica e o índice de qualidade da água, na medição e quantificação da antropização imposta à paisagem natural da bacia do Córrego do Ipê, no Município de Ilha Solteira- SP. Além da identificação dos diversos problemas que têm sido ocasionados nos ecossistemas naturais pela população contida na bacia, onde também são afetados os corpos d'água. Foram aplicadas metodologias sistemáticas, comparativas e qualitativas, para estabelecer as modificações e seus impactos ambientais sobre a bacia estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na sub-Bacia do Córrego do Ipê, localizada no município de Ilha Solteira na região Noroeste do Estado de São Paulo, nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, aproximadamente a 653 km de São Paulo, via rodovia Feliciano Sales da Cunha e via Anhanguera (Fig.1). Os municípios limítrofes de Ilha Solteira são os seguintes: Ao Norte, Rubinéia, ao Sul, Itapura, ao Oeste, Selvíria M. S e ao Leste, Pereira Barreto.

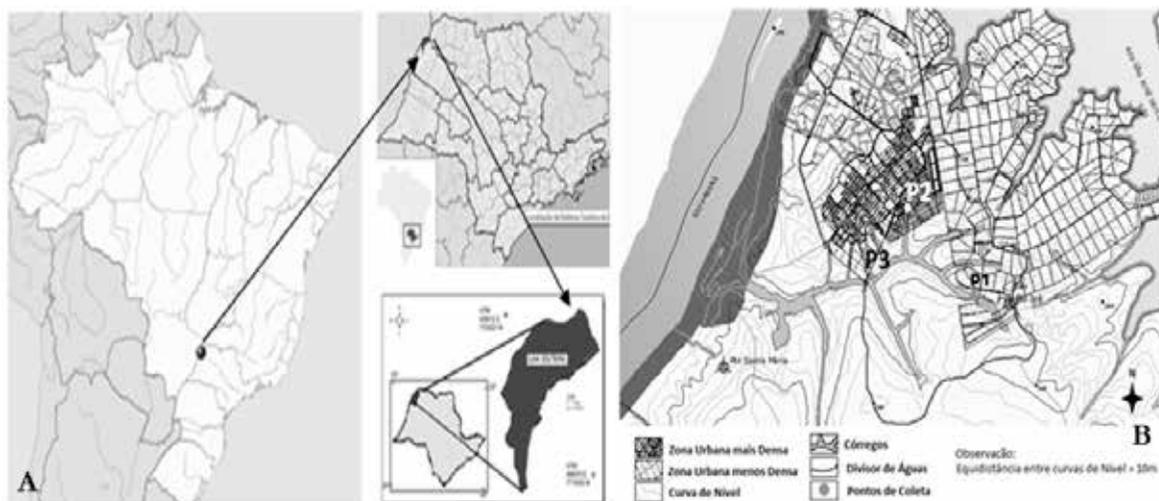


Figura 1. A. Localização do município de Ilha Solteira, B. Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê e pontos de amostragem.

A sub-bacia hidrográfica do Córrego do Ipê está dentro dos limites da microbacia das lagoas (Fig.2), inserida no município de Ilha Solteira, que possui as seguintes coordenadas geográficas:

- Latitude 20°16'00" a 20°41'49" S; e - Longitude 51°01'14" a 51°26'41" W.

O município está situado na Província Geomorfológica do Planalto Ocidental, região das "zonas indivisas" IPT apud Lima (1997). Através do levantamento de cartas topográficas, constatou-se que a bacia hidrográfica do Córrego do Ipê possui uma área aproximada de 48,21 hectares, e um declive de aproximadamente 450 m.

Pontos de amostragem. Uma vez definidos os 3 pontos de amostragens, foram tomadas as amostras uma vez por mês (Fig.2), durante o período de março até agosto dos anos de 2002 obtidos por Poletto (2002), na disserta-

ção "Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no Município de Ilha Solteira – SP" e de 2011 (Tab.1). Para obter os resultados, as coletas foram realizadas em garrafas plásticas de 1 litro e todas as coletas foram realizadas na parte da manhã, em horário variando entre as 07:00 h e as 10:30 h.

Na primeira fase foi utilizado o tratamento dos dados em análises multivariadas através de saídas de campo para verificação e corroboração dos resultados obtidos por Poletto & Carvalho (2004), Poletto *et al.* (2010) e a comparação com os dados obtidos no ano de 2011 visualizados na Tab.1.

As metodologias utilizadas foram o índice de qualidade da água (IQA), para a determinação da qualidade da água e o índice de transformação antrópica (ITA), para determinar a modificação dos ecossistemas, os métodos estão apresentados na Tab. 2.

Tabela 1- Pontos de Amostragem e resultados da vazão

Ponto.	Elevação	Latitude	Longitude	Vazão	2002	2011
1	351 m	20°27'09" S	51°18'59" W	Mínima	0,0149 m ³ /s	0,0096 m ³ /s
				Máxima	0,0202 m ³ /s	0,0228 m ³ /s
2	343 m	20°25'46.5" S	51°20'06.8" W	Mínima	0,0024 m ³ /s	0,0021 m ³ /s
				Máxima	0,0043 m ³ /s	0,0045 m ³ /s
3	308 m	20°26'55.9" S	51°20'41.8" W	Mínima	0,0889 m ³ /s	0,0863 m ³ /s
				Máxima	0,1353 m ³ /s	0,1467 m ³ /s

As medições nos 3 pontos de coleta foram feitas em intervalos de 30 dias, no período de Março a Agosto de 2002 e Março a Agosto de 2011, totalizando 3 amostragens de água por mês, 18 em 6 meses, resultando 36 nesta pesquisa, com vistas a determinação dos

parâmetros avaliados e medição de vazões, além da avaliação dos índices escolhidos para este estudo. A Tab.2 apresenta os métodos e equipamentos que foram utilizados para as análises de águas.

Tabela 2 – Síntese dos Métodos e Equipamento empregado para análises Físico – Química, Microbiológico e Limites de Detecção. Variáveis analisadas nos pontos amostrados da bacia do Córrego do Ipê

Variável	Método	Limite de Detecção	Equipamentos e Materiais
Turbidez (NTU)	Nefelométrico	0,01	Turbidímetro/Hach/2100ANv1.2
Cor (uH)	Espectrofotométrico	1	Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
Temperatura da água (°C)	Eletrométrico	0,1	pHmetro de membrana/Hanna/HI8314
pH	Eletrométrico	0,01	pHmetro de membrana/Hanna/HI8314
Nitrogênio Total (mgN/L)	Digestão por Persulfato e Espectrofotométrico	0,1	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
Fósforo Total (mgP/L)	PhosVer 3, Digestão por Ácido Persulfato e Espectrofotométrico	0,01	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
OD (mg.L ⁻¹)	Método de Winkler Modificado	0,1	Titulador
DBO	Método das Diluições, Incubado a 20°C, 5 dias	0,1	Titulador
DQO (mg.L ⁻¹)	Digestão por reator, Espectrofotométrico	1,0	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos e Sólidos Suspensos (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	1,0	1. Cápsula de Porcelana 2. Disco de microfibras de vidro/Sartorius 3. Balança eletrônica de precisão de 0,1 µg/Bel Mark/U210A 3. Estufa/Marconi/MA033/temp.120°C 4. Dissecador/Pyrex/200mm
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	Contagem de Escherichia Coli	1,0	1. Placas Petrifilm/3M 2. Estufa de cultura/Fanem/A-LT 502

Índice de qualidade da água (IQA). Utilizou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) da CETESB para classificação da água e foram feitas comparações entre os resultados encontrados atualmente e os resultados obtidos no ano de 2002. O IQA apresentado neste trabalho refere-se ao índice adotado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O IQA utilizado pela CETESB é determinado pelo produtório ponderado de nove parâmetros indicadores da qualidade das águas, correspondentes a: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. O Índice de Qualidade da Água (IQA) é determinado por meio da Equação (1).

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

Em que:

IQA: Índice de Qualidade das Águas;

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 e;

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.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo *n* o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A qualidade das águas brutas, indicadas pelo IQA, numa escala de 0 a 100, pode ser classificada, para abastecimento público, segundo a escala apresentada pela Tab.3.

Tabela 3 - Escala de qualidade da água indicada pelo IQA

Qualidade	Valor do IQA
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 39
Péssima	IQA ≤ 19

A aplicação do índice de transformação antrópica (ITA). Concentrou-se na geração das bases necessárias para a delimitação da área de estudo e classificação das imagens, quantificação das classes temáticas e aplicação. O desenvolvimento das atividades deu-se em quatro fases:

1. Adaptação de técnicas de geoprocessamento e monitoramento ambiental;
2. Indicação das áreas mais modificadas pelo homem;
3. Classificação é a elaboração dos mapas (classes temáticas);
4. Tomada de dados reais da bacia de estudo, procurando obter um bom detalhamento.

A determinação das classes de uso e ocupação do solo foi realizada sobre a ortofoto digital no formato “GEOTIFF”, obtida por fotogrametria e cedida pelo laboratório de hidráulica e irrigação da UNESP – Ilha Solteira; para isto, a ortofoto foi importada para o software Spring 4.3.3, a partir do qual se realizou a delimitação das classes de uso e ocupação do solo por digitalização manual na edição vetorial,

na medida em que as classes foram sendo identificadas pelo processo de interpretação visual.

A atualização das classes de uso e ocupação foram realizadas nas ocasiões das visitas de campo aos pontos de monitoramento hídrico. As classes de uso e ocupação delimitadas foram: Áreas Urbanizadas (AU), Cultura Temporária (CT), Cultura Permanente (CP), Pastagem (P), Floresta (F), Corpos de água (CA). Na Tab.4 encontram-se as proporções de cada uso e ocupação para cada Sub-Bacia avaliada.

A análise exploratória dos resultados foi constituída da média seguida do erro padrão da média e dos valores máximos e mínimos. Realizou-se a análise de correlação utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson, com análise de variância em nível de 5% (*) e 1% (**), de probabilidade, em que as variáveis dependentes foram os resultados do IQA e as variáveis independentes, o uso e ocupação dos solos.

Posteriormente, para as correlações de maior interesse realizaram-se também análises de regressão ao nível de 5% de probabilidade; todas as análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software Infostat e os mapas de correlação, confeccionados com o auxílio do software Arcview 3.2. para obter sua área, e sua equivalência em porcentagem.

O ITA foi desenvolvido por Lèmechev em estudos geoecológicos com o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais. No caso deste trabalho, o ITA será utilizado para quantificar a pressão antrópica sobre a bacia hidrográfica do Córrego do Ipê.

O ITA é calculado a partir do mapa de uso e cobertura da terra determinado por meio da equação (2).

$$ITA = \sum_{i=1}^n (r_i p_i) / 10$$

Onde:

r_i = nível de transformação antrópica da paisagem para um determinado tipo *i* de uso da terra;

p_i = área (em %), do tipo de uso da terra na sub-bacia;

n = quantidades máximas de tipos de uso da terra.

Conforme o trabalho de Mateo (1991), cada classe apresenta um peso atribuído em função do conhecimento que o autor tem sobre as mesmas em relação ao grau de antropização.

Para calcular os índices do ITA da bacia do Córrego do Ipê, classificou-se as áreas como um todo, da seguinte forma:

- Pouco degradado (0 a 2,5)
- Regular (2,5 a 5)
- Degradado (5 a 7,5)
- Muito Degradado (7,5 a 10)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No referente á turbidez, Alvez (2004), afirma que na bacia do Rio maracujá- Quadrilátero Ferrífero/MG a turbidez na estação seca de 57,9 UNT passa a 26,6 UNT na estação chuvosa. Dois fatores podem explicar este fato: um possível aumento da capacidade de diluição e/ou autodepuração do Rio Maracujá à jusante, e a presença de soleiras geomórficas no trecho, favorecendo a retenção de sedimentos em poços com baixa energia do fluxo. Situação contrária ocorre no Córrego do Ipê, onde a média da turbidez do ano de 2002 foi

de 28,9 NTU enquanto que a do ano de 2011 foi 40,56 NTU, tendo ocorrido um aumento de 11,66 NTU nos 9 anos transcorridos.

No caso da temperatura, pesquisa da bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, conduzida por Matos (2009), indicou que a temperatura variou de 17,5 a 19,8 °C nos pontos amostrados nas nascentes 1 e 3 (com vegetação natural remanescente), refletindo condições semelhantes de sombreamento dos cursos de água proporcionados pela cobertura vegetal, e nos pontos das nascentes 2 e 4 (com agricultura), onde a temperatura variou de 20,2 a 22,6 °C.

Estas medidas de temperatura são similares às encontradas no Córrego do Ipê, onde a temperatura aumentou sucessivamente à medida que os pontos de coleta se distanciavam das nascentes dando a entender que a manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir o aumento da temperatura da água.

Apesar das médias gerais terem sido 21,2 °C e 20,9 °C respectivamente para os anos 2002 e 2011, houve um decréscimo geral nas leituras da temperatura no ano 2011 em relação as do ano de 2002. Embora tenha havido redução de 0,3 °C pode se afirmar que a temperatura da água da bacia do Córrego do Ipê era mais estável no ano de 2002, quanto comparada com o ano de 2011.

Com relação ao pH, Esteves (2004), observou que é comum encontrar valores altos, ou seja, básicos no pH em regiões de balanço hídrico negativo como ocorre com os açudes do semi-árido no Nordeste brasileiro. Na época de estiagem, este fato é acentuado pelos altos valores de carbonatos e bicarbonatos encontrados nas águas e que se tornam mais concentrados pela evaporação. Esta poderia ser uma explicação á mudança do nível de pH na

bacia do córrego do Ipê, já que observa-se leves mudanças nos meses de estiagem de Maio até Agosto onde é muito mais óbvio o aumento do pH no ponto 2 amostrado nos anos 2002 e 2011.

Para os sólidos totais a erosão é um dos principais fatores de impacto sobre os recursos hídricos, associados ao uso dos solos tanto no meio rural quanto no meio urbano. Anualmente um grande volume de sedimentos é perdido de solos com algum grau de fertilidade, vindo a sedimentar nos cursos d'água, afetando os usos mais a jusante dos corpos hídricos (Mantos, 2009).

Conforme Matos (2009), os parâmetros poluentes mais representativos na drenagem são as partículas de sólidos em suspensão. O autor apresenta comparação entre os resultados de zona urbana e rural, cujos valores médios no caso de sólidos foram respectivamente de 220 mg. L⁻¹ e 26 mg. L⁻¹.

No caso da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê no ano 2002 constata-se, na Fig.4, que no Ponto 1, os valores mínimo e máximo foram de 101 e 396 mg. L⁻¹, com mediana de 201,16 mg. L⁻¹. No Ponto 2, os valores variaram entre 108 e 749 mg. L⁻¹, com mediana de 237,16 mg. L⁻¹. No Ponto 3, observou-se valores mínimo e máximo de 161 e 498 mg. L⁻¹, com mediana de 400,16 mg. L⁻¹.

Cabe ressaltar que a mediana mais alta é do ponto 3 cujo valor é quase que o dobro das medianas dos pontos 1 e 2. Isso acontece, porque o ponto 3 está situado a jusante da bacia de estudo. A média foi de 279,5 mg. L⁻¹ no ano de 2002 e de 614,7 mg. L⁻¹ no ano de 2011 com uma diferença de 335,2 mg. L⁻¹ o que significa aumento de erosão de solos férteis da área de entorno e a poluição dos recursos hídricos da bacia de estudo.

Tomando novamente como referencia a bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, foram detectados valores de oxigênio dissolvido próximos de 8 mg. L⁻¹ na estação seca. Valores que no caso da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê nunca chegaram perto desse número. Para a estação chuvosa esperava-se uma redução dos níveis de temperatura da água e um aumento da concentração de oxigênio dissolvido, isto não ocorreu, possivelmente, devido à vazão do córrego que em época de cheia aumenta a velocidade da correnteza, aumentando o turbilhonamento da água e o assoreamento, conseqüentemente reduzindo a dissolução do oxigênio.

Na análise feita no Córrego Rico em junho de 2005 o oxigênio dissolvido está abaixo de 8 mg. L⁻¹, o que era esperado; isso pode ter ocorrido pela influência da temperatura e da altitude.

As concentrações de Oxigênio Dissolvido OD em quase todos os pontos amostrados no ano 2011, com exceção do Ponto 2 no mês de Maio, foram inferiores ao limite da Resolução CONAMA 357, que estabelece em qualquer amostra, não inferior a 5 mg. L⁻¹ O₂, onde o valor resultante é de 3125 mg. L⁻¹ O₂.

Com relação á Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) a média no ano de 2002 foi de 17,16 mg. L⁻¹ e no ano de 2011 de 20,92 mg. L⁻¹ aumentando em 3,76 mg. L⁻¹. Os valores encontrados na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, não foram superiores aos 4 mg. L⁻¹ já que o rio apresenta maior carga orgânica no período de seca onde em termos de DBO, os microrganismos heterótrofos aeróbicos envolvidos na biodegradação da matéria orgânica, provocam déficit de oxigênio. O Córrego recebe influência da área do condomínio Village Sul, o qual apresenta infra-estrutura deficitária,

os esgotos são lançados em fossas sépticas e não existe rede de esgoto na área. O maior valor médio anual da DBO foi de 3,02 mg. L⁻¹. Para análise mensal observa-se que, quando a DBO ocorre uma redução no valor do OD o que favorece a degradação da qualidade da água do Córrego.

Ao longo dos anos 2002 a 2011 observou-se também, aumento da DQO no Córrego do Ipê. A média no ano 2002 foi de 31,95 mg. L⁻¹ e no ano 2011 de 37,66 mg. L⁻¹, havendo aumento de 5,71 mg. L⁻¹. Segundo Esteves (2007), na bacia hidrográfica do Zerede, Timóteo-MG, a DQO atingiu valores de 27,4 mg. L⁻¹ no período de seca e de 152 mg. L⁻¹ no período chuvoso. Esta situação se dá pelo fato do aumento do escoamento superficial e provavelmente pelo maior carregamento de nutrientes, demonstrando que a bacia hidrográfica do Zerede está sendo contaminada por cargas orgânicas, da mesma forma que a bacia do Córrego do Ipê.

Em termos gerais o Nitrogênio Total teve no ano de 2002, média de 3,31 mg. L⁻¹ e no ano de 2011 média de 2,50 mg. L⁻¹, diminuindo os teores em 0,81 mg. L⁻¹. Uma possibilidade da queda na concentração pode ser proveniente da redução no consumo de fertilizantes pela população da região.

Em relação ao aspecto sanitário e à poluição orgânica, as águas do Rio Cabelo foram avaliadas quanto aos teores de nutrientes, incluindo as formas nitrogenadas. Na pesquisa do Rio Cabelo houve variação de N nos pontos amostrais, com valores médios entre 1,99 a 2,95 mg. L⁻¹, valores similares aos encontrados na bacia do Córrego do Ipê.

O Fósforo Total apresentou média geral no ano de 2002 de 1,69 mg. L⁻¹ enquanto que no ano

de 2011 a média foi de 0,59 mg. L⁻¹ diminuindo os teores em 1,1 mg. L⁻¹, ou seja, o teor de Fósforo baixou em 65,1%. A explicação pode ser também, a redução no consumo de fertilizantes pela população.

O Fósforo Total avaliado nas águas do rio do cabelo indicam aumento progressivo em suas concentrações desde a nascente até o ponto CB5 localizado a jusante. Este elemento variou de 0,0 até um valor máximo de 0,38 mg. L⁻¹ em CB5, com um valor médio de 0,29 mg. L⁻¹. Em relação a bacia hidrográfica do Córrego do Ipê os valores do rio do Cabelo são muito mais baixos, mas cabe ressaltar que a vazão é muito maior, o que ajuda na autodepuração e diminui a diluição do Fósforo Total por litro (Sobral, 2006).

O mesmo Sobral (2006), afirma que os coliformes fecais estiveram presentes em todos os pontos na série analisada, com valores médios variando de 248 UFC/100 mL em 2003 a 1835 UFC/100 mL em 2000 no ponto CB4, de 566 UFC/100 mL em 2003 a 14.682 UFC/100 mL em 1998 no ponto CB5, de 8887 UFC/100 mL em 1998 a 355 UFC/100 mL em 2000 no ponto CB3. Foi detectada contaminação por coliformes fecais em todos os pontos no período de realização da pesquisa (2005-2006), com valores médios entre 591 e 9290 UFC/100 mL. Observa-se que os pontos amostrais de maior contaminação por coliformes fecais foram os pontos CB3 e CB4, o que pode ser explicado pela maior influência da urbanização e falta de infra-estrutura no trecho, no qual estão localizados barracas da vila da Penha, Condomínio Village Sul, campo da AFRAFEP e residências.

A variação temporal e espacial dos níveis de coliformes fecais indica que os maiores níveis

de contaminação estiveram concentrados nos meses de maior precipitação (abril a agosto) de 2005, o que foi ocasionado pelo transporte através do escoamento superficial do material fecal acumulado na bacia de drenagem. No mês de agosto houve um aumento nos níveis de contaminação no ponto CB3, neste mês pode ter ocorrido um aumento da quantidade de esgotos lançados neste trecho.

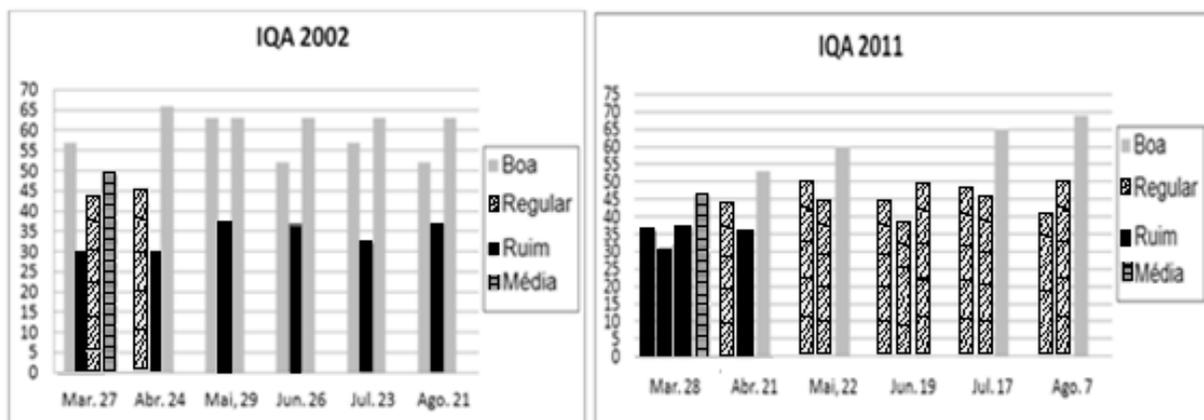
Caso contrário ocorreu na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê onde os níveis de contaminação por coliformes fecais diminuíram drasticamente devido à mudança no uso e ocupação de solos, onde a média geral no ano de 2002 foi 1,57E+04 UFC /100 mL enquanto que no ano de 2011 a média foi de 253 UFC/100 mL, ou seja, os teores de Coliformes Termotolerantes no ano de 2002 são muito altos, em comparação aos de 2011. Uma possível explicação como já foi dito é a mudança do uso e ocupação de solos, já que antigamente predominavam pastos para produção pecuária e o gado tinha livre acesso a os córregos, ainda se observa poluição de corpos hídricos por coliformes provenientes de animais, embora não tão intensa como no ano de 2002.

Nas Tab. 4 e 5 e na Fig. 3, são apresentados os valores calculados do IQA para o ano 2011, em que se pode observar que da mesma forma que no ano 2002, os valores mais baixos continuam ocorrendo no Ponto 2, com média de 40,8 na escala do IQA. No Ponto 1, o valor mais baixo foi de 36 e o maior de 50, com média de 44. E no Ponto 3 o valor mais baixo foi de 37 e o maior de 69, com média de 55. A média do índice de qualidade de água, ao final das análises, no ano 2011 ficou em 46,8, valor também considerado regular.

Tabela 4. Resultados dos Parâmetros de Qualidade de Água, no Período de Março a Agosto de 2002 da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê

Data	Ponto	DBO	pH	TURBI-DEZ	TEM- PER.	NITR.	FOSF.	COL. TERM	SOL.	DQO	OD	IQA
27/ Mar	1	1	6,47	15,1	22,9	1,1	0,62	0	396	26	6,38	57
	2	60	7,68	16,19	23,7	5,1	9	3200	749	55	6,47	30
	3	19	6,91	18,82	23,4	2	2,29	0	365	14,2	3	44
24/ Abr	1	4	5,9	17,58	22,8	1,2	0,77	16700	146	3	5,98	46
	2	43	7,26	18,91	23,7	5,9	10,20	12200	186	76	6,35	30
	3	9	6,23	22,18	23	1,1	0,34	43	381	0	6,16	66
29/ Mai	1	2	6,02	4,05	21,1	0,4	0,43	600	129	3	6,53	63
	2	38	7,39	39	20,4	11	0,17	17900	108	109	6,34	37
	3	1	6,75	15,65	20,9	0,6	0,39	0	498	2	6,53	75
26/ Jun	1	5	5,87	4,5	19,3	4	0,34	6300	101	9	6,63	52
	2	38	7,39	39	20,4	11	0,17	19000	108	109	6,34	37
	3	1	6,75	15,65	20,9	0,6	0,39	200	498	2	6,53	63
23/Jul	1	6	5,57	13,37	20,4	0	0,39	1400	334	11	7,68	57
	2	11	7,04	174,68	20,0	0	3,8	179000	164	55	7,31	32
	3	2	6,42	46,41	18,2	0	0,31	600	161	6	7,4	63
21/ Ago	1	5	5,87	4,5	19,3	4	0,34	6300	101	9	6,63	52
	2	38	7,39	39	20,4	11	0,17	19000	108	109	6,34	37
	3	1	6,75	15,65	20,9	0,6	0,39	200	498	2	6,53	63

Fonte: Adaptado de Poletto 2002

**Figura 2.** Representação gráfica dos resultados de IQA dos anos de 2002 e 2011 do Córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP

O licenciamento ambiental dos corpos de água superficiais refere-se aos ainda não enquadrados. A classe a ser adotada de forma transitória é a de classe II. Até que a autoridade outorgante tenha informações necessárias à definição prevista.

As colunas mais opacas arriba representam os valores de IQA abaixo do limite da CONAMA

357 na faixa de $19 \leq 39$ qualificada como Ruim. As colunas cinza claras são os valores de IQA que representam os valores na faixa de $36 \leq 51$ qualificada como Regular (Fig.3). E as colunas cinza escuras representam os valores de IQA na faixa de $51 \leq 79$ como água Boa. As médias dos anos 2002 e 2011 foram 49,5 e 46,8 respectivamente e qualificadas como Regular.

Tabela 5. Resultados dos Parâmetros de Qualidade de Água, no Período de Março a Agosto de 2011 da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê

Data	Ponto	DBO	pH	TURBIDEZ	TEMPER.	NIT.	FOS.	COL. TERM	SOL.	DQO	OD	IQA
28/ Mar	1	28	6,61	36,8	21,2	1	0,5	1200	887	11	3,94	36
	2	61	6,95	39,7	21,4	2,1	0,3	120	833	58	1,6	31
	3	21	7,31	42,4	20,2	0,3	0,51	46	802	22,4	1,52	37
21/ Abr	1	4	7,02	32,5	22,4	1,3	0,54	823	1022	7	2,49	44
	2	51	6,96	33,9	21,4	1,6	0,4	81	456	84	2,88	36
	3	8	6,99	34,6	21,6	3,9	0,47	43	865	2	3,56	53
22/ Mai	1	6	6,33	41,6	19,8	2	0,6	46	562	7	3,52	50
	2	63	6,02	48,7	20,1	7	0,5	7	456	149	6,02	42
	3	10	7,78	47,3	20,2	0,2	0,57	0	432	8	3,52	60
19/Jun	1	3,2	6,9	44,8	22,3	1,8	0,7	1075	621	9	3,09	44
	2	39,5	6,82	44,7	20,6	4,6	0,3	101	415	127	4,42	39
	3	3	7,05	42,1	20,1	0,7	0,76	244	576	14,2	4,03	50
17/Jul	1	7	6,21	25,27	20,4	0	0,8	200	543	11	3,68	49
	2	15	6,49	33,5	20,8	3	1,4	4	567	37,6	2,46	46
	3	4	6,63	57,6	21,2	0	0,65	2	609	9	6,45	65
07/ Ago	1	6	6,04	46,3	21,5	4	0,6	564	365	9,8	2,03	41
	2	45	7,01	49,5	20,8	11	0,3	0	301	107	6,09	51
	3	2	6,41	28,9	21,7	0,6	0,72	0	754	5	6,78	69

Verifica-se que a poluição no Córrego do Ipê aumentou como resultado das ações antrópicas, com as modificações, no uso e ocupação de solos. Também pode se observar a redução das colunas que qualificam a água boa no ano 2002, passando para qualidade apenas água regular no ano 2011. Cabe ressaltar que Março foi o mês com os dados mais baixos na IQA.

Índice de transformação antrópica (ITA). A proposta de Lèmechev (1982), em quantificar o grau de transformação ambiental, se

adaptou de forma satisfatória às técnicas de geoprocessamento e monitoramento ambiental. Esta apresenta muitas vantagens para identificar e também indicar as áreas mais modificadas pelo homem, porém leva em consideração apenas um tipo de variável (uso da terra). Um passo importante no processo da classificação foi a elaboração dos mapas de classes temáticas que foram trabalhados com dados tomados na zona de estudo, procurando se obter um bom detalhamento.

A partir das classes temáticas geradas foi permitida uma análise quantitativa da dinâmica do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê nas duas datas. A Tabela 4 apresenta a quantidade (%) das classes para a bacia.

- Áreas antrópicas não agrícolas: Áreas Urbanizadas: correspondem a área urbana e se dividem em duas classes: Zona urbana e Zona semi-urbana (Ripe Urbana)
- Áreas antrópicas agrícolas: 1) Cultura Temporária: Culturas alimentares de subsistência (arroz, feijão, mandioca e milho, hortaliças) Criação de animais para alimentação (pequeno porte e gado bovino + Pecuária bovina para corte + pouca vegetação secundária + pesca esportiva. 2) Cultura Permanente: Pastagem: Cana de açúcar em grandes extensões. 3) Pastagem: Pecuária bovina para corte + Culturas alimentares de subsistência + pouca vegetação secundária
- Áreas de vegetação natural: 1) Floresta: Vegetação secundária (mata ciliar quase

nula) . 2) Corpos de Água: Captação para abastecimento doméstico (Poço) + Captação para abastecimento agrícola (Irrigação) + Córrego receptor de efluente doméstico (Receptor de efluente agrícola)

O cálculo do nível de transformação antrópica (ITA), da bacia do Córrego do Ipê no ano de 2002, permitiu classificá-la como Degradada, de acordo com o grau de antropização e no ano de 2011, como uma bacia Muito Degradada conforme os graus de antropização.

A classificação demonstra que o nível de transformação antrópica no uso da terra aumenta com o passar dos anos, gerando forte influência sobre a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê. Essa ocupação inadequada teve como uma das maiores consequências o desmatamento das matas ciliares, além do crescimento demográfico desordenado, queimadas pelo cultivo da cana de açúcar, erosão, e perda da fauna e da flora.

Tabela 6. Peso dado a cada tipo de uso da terra e resultados do ITA dos anos de 2002 e de 2011

Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas Urbanizadas (AU) Ripe urbana (RP)	Peso	2002			2011		
			Área Hectares	Área %	Resultado ITA	Área	Área %	Resultado ITA
		9,1	7,66	15,9	1,4469	7,85	16,3	1,4833
Áreas antrópicas agrícolas	Cultura Temporária (CT)	6,2	3,8	8	0,496	2,07	4,3	0,2666
	Cultura Permanente (CP)	8,1	3,6	7,5	0,6075	33,07	68,6	5,5566
	Pastagem (P)	5,4	30,9	64,2	3,4668	3,9	8,1	0,4374
Áreas de vegetação natural	Floresta (F)	0,2	1,1	2,3	0,0046	0,62	1,3	0,0026
	Corpos de Água (CA)	6,4	1,01	2,1	0,1344	0,67	1,4	0,0896
	Total				6,6116			8,0935

A agricultura é uma das atividades antrópicas mais impactantes; isto fez com que na zona de estudo predominem paisagens de campos cultivados, que foram implantados a expensas dos

ecossistemas naturais, reduzindo ao mínimo a floresta, para convertê-las em pastagens para gado e culturas como a cana de açúcar como pode-se observar nas Figuras 4 e 5.

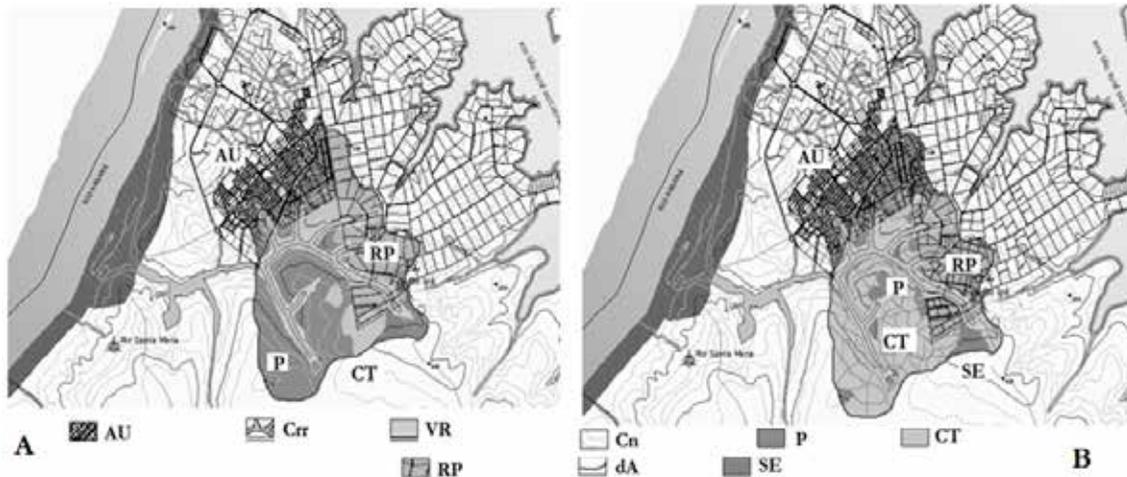


Figura 3 A. Uso do solo no ano de 2002 e B. Uso do solo no ano de 2011. – Áreas Urbanizadas (AU), Ripe urbana (RP), Cultura Temporária (CT), Cultura Permanente (CP), Pastagem (P), Floresta (F), Corpos de Água (CA).

Os resultados de vazão mostraram redução em alguns dos valores obtidos e aumento em outros, com relação às medições registradas no ano 2002. As variações mais significativas ocorreram no mês de agosto no ponto 3, onde a vazão decresceu de $0,1301 \text{ m}^3/\text{s}$ para $0,0901 \text{ m}^3/\text{s}$. No mês de junho, no entanto, ela aumentou de $0,0895 \text{ m}^3/\text{s}$ para $0,1467 \text{ m}^3/\text{s}$ enquanto que no mês de maio no ponto 2 os valores foram iguais. Isto indica a importância dos pastos na retenção de água precipitada e como o uso e a ocupação dos solos influem, não somente na qualidade dos recursos hídricos como também na quantidade em uma determinada zona de estudo.

CONCLUSÕES

A ocupação antrópica inadequada das terras na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê teve como uma das maiores consequências o desmatamento das matas ciliares, além do crescimento demográfico desordenado, queimadas pelo cultivo da cana de açúcar, erosão, e perda da fauna e da flora.

A poluição da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê manteve-se alta no transcorrer dos anos, em escala temporal e espacial, onde as concentrações de cargas orgânicas, medidas através da DBO, coliformes e os elevados teores de nutrientes, como o fósforo, aumentaram devido à crescente população contida na área de entorno da bacia hidrográfica.

A aplicação do Índice de transformação antrópica no ano 2002 classificou a Bacia do Córrego do Ipê como Degradada. No ano de 2011 a bacia passou, de acordo com o índice a Muito degradada. Quanto ao índice de qualidade da água observou-se também a degradação do recurso hídrico pela poluição exercida pela população da bacia através dos anos.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, (2005). Experiências de Gestão de Recursos Hídricos. p. 107 – 127. Em Memórias III Congresso Nacional de Águas Brasília, Brasil.

BUCH, R. (2007). Matas ciliares e degradação da paisagem da área lindeira do Médio Iguaçu em relação à educação ambiental. Dissertação. Mestrado

- em Geografia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 110f.
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2006. Índice de qualidade das águas – IQA. São Paulo: Programa de engenharia civil – COPE. http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp. Acesso em: 3 abr. 2011.
- CONAMA. 2005. Resolução No 357. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, Ministério Do Meio Ambiente. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (São Paulo). Legislação sobre Recursos Hídricos. São Paulo. Brasil. 48p.
- DIAS, C, BORJA, C., MORAES, L. 2004. Índice de Saúde Ambiental em Áreas de Ocupação Espontânea: Um Estudo em Salvador-BAHIA. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 9. (n.1), p.82-92.
- ESTEVEZ, F. 2004. Fundamentos de Limnologia. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro. 602 p.
- LÉMECHEV. T. (1987). On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. *Journal of Hydrology*, 100, p 353-375.
- LIMA, W.; ZAKIA M. 1997. A bacia hidrográfica como unidade de monitoramento In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, Anais. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 253 p. 6.
- LIN, C.; SHRESTHA, M.; YI, Y.; DIANA, J. Management to minimize the environmental impacts of pond effluent: harvest draining techniques and effluent quality. *Aquacultural Engineering*, São Paulo, V. 10, (n. 25), p. 125-135, 2001.
- MATEO, J. (1991). *Geoecología de los Paisajes*, Univ. de los Andes, Merida, Venezuela, 222 pp.
- MATOS, R. 2009. Planejamento ambiental da bacia do manancial Rio Santo Anastácio: estudo aplicado na sub-bacia do Córrego do Botafogo Presidente Prudente Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia)- Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, Universidade Estadual Paulista – UNESP. São Paulo. 134 f.
- MATOS, R. 2009. Planejamento ambiental da bacia do manancial Rio Santo Anastácio: estudo aplicado na sub-bacia do Córrego do Botafogo Presidente Prudente São Paulo. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia)- Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, Universidade Estadual Paulista – UNESP. p 134
- MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, (2004).: Marco conceitual e estratégia metodológica Memórias Organização Pan-Americana da Saúde. Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: Ministério da Saúde. p 116.- 120. Em
- OLIVEIRA, F.; ROCHA, O.; TUNDISI, J. TUNDISI, T. Análise de correspondência múltipla e análise de Agrupamentos na redução de dimensionalidade de indicadores de eventos de vida. *Revista Brasileira de Estatística*. Rio de Janeiro, v.67, no.226, p.95-116, jan/jun.2006
- PIRES, J.; SANTOS, J.; DEL PRETTE, M. 2008. A Utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *Gerenciamento dos Recursos Naturais*, Bauru, v. 14, n. 3, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132008000300011>>. Acesso em: 21 nov. 2010.
- POLETO, C.; CARVALHO, S.L.; Matsumoto, T. Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP). *Holos Environment*, v.10 n.1, p. 95-110, 2010
- POLETO, C; CARVALHO, S. Problemas de degradação ambiental em uma microbacia hidrográfica situada no município de Ilha Solteira – S.P., Brasil e sua percepção pelos proprietários rurais. *Holos Environment*, v.4 n.1, p.68-80, 2004.
- SAWYER, D. 2003. Índice de pressão antrópica: uma proposta metodológica. Primeira edição, Brasília. 211 p.
- SOBRAL, M. 2006. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande, Paraná, 2006. Campina Grade. 136 f.