

## Avaliação dos Efeitos das Atividades Antropólicas nos Recursos Hídricos na Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipê – SP

Diego Javier Perez Ortega<sup>1</sup>; Sergio Luis de Carvalho<sup>2</sup>  
diegojavierperez77@hotmail.com; sergicar@bio.feis.unesp.br

Recebido: 28/11/11 - revisado: 15/02/12 - aceito: 17/03/13

---

### RESUMO

Apresenta-se uma metodologia baseada na Aplicação de dois indicadores ambientais, onde se reconhece que a qualidade da água é um excelente indicador para testar os efeitos antrópicos nas bacias hidrográficas, através do índice de qualidade da água (IQA), além se utilizou o índice de transformação antrópica (ITA), para avaliar as mudanças no uso e ocupação de solos de maneira temporal e verificar as modificações ambientais através dos anos, obtendo assim níveis reais da poluição produzida por essas mudanças nos recursos hídricos do Córrego do Ipê, localizado no Município de Ilha Solteira – SP. Os resultados revelaram um alto grau de fragilidade ambiental do Córrego, como consequência da urbanização, a crescente população e a intensificação das atividades, tanto domésticas como agrícolas, onde as modificações no uso e ocupação de solos ajudaram para um desmatamento massivo aumentando assim o grau de degradação ambiental, porém se encontrou uma inadequada disposição de resíduos sólidos no córrego como depósitos de lixo que ajudam na proliferação de vetores de doenças, isto deixa claro que se precisa de uma gestão para conservar os valores ambientais a nível local e regional, que representam os córregos no Estado Paulista.

**Palavras chave:** Indicadores, ITA (Índice de transformação antrópica), IQA (Índice de qualidade da água), mudanças, pressão, fragilidade ambiental.

---

### INTRODUÇÃO

A sociedade atual é dinâmica e cambiante, e para atender as suas necessidades faz uso dos recursos naturais de diferentes maneiras, produzindo efeitos sobre o meio ambiente, como uma relação do ecossistema à ação do homem no desenvolvimento de suas atividades diárias. As consequências do uso de recursos naturais podem ser sentidas a nível local, regional ou global, dependendo de sua intensidade e duração.

O uso dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica leva à geração de graves problemas ambientais e esgotamento desses recursos. Atividades como o desmatamento, a construção hidroelétrica, o uso agrícola, a construção de estradas, loteamentos, etc., ocasionam impactos inevitáveis sobre bacias, que podem incidir seriamente no desenvolvimento das sociedades presentes e futuras, se não for tido em conta sua conservação através do manejo racional. (VICH, 2010).

No entanto, um dos aspectos para considerar neste tipo de empreendimento é o relativo à degradação ambiental que se gera nos diversos ecossistemas sobre os que evoluem.

Segundo Pérez (2011) "Os problemas de degradação ambiental nas bacias hidrográficas estão relacionadas com as características de instabilidade geológica, o tipo de pendentes, seu relevo topográfico, práticas agrícolas inadequadas e crescimento desordenado das áreas urbanas e rurais, situadas na sua área de influência."

No caso da bacia do Córrego do Ipê a inter-relação e interação desses fatores permite detectar pelo menos três problemas prioritários como: os processos de erosão hídrica, a escassez de água para consumo público e risco de incêndio em épocas de seca e inundações e transbordamento dos córregos causados por chuvas torrenciais que afetam o desenvolvimento normal das atividades humanas.

Para isso, tendo em conta as possibilidades oferecidas pelos sistemas de informações geográficas (GIS) para a análise integrada de informação espacial, apresentamos uma metodologia de aplicativo em um espaço específico, onde as variáveis naturais e antrópicas que estão envolvidas no Córrego do Ipê, foram integradas e analisadas

---

<sup>1</sup> - UNESP/FEIS PPGEC, Ilha Solteira, SP

<sup>2</sup> - Departamento de Biologia e Zootecnia/Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

para alcançar os seguintes objetivos, a) determinar o impacto das atividades humanas em cada uma das unidades espaciais do Córrego do Ipê através da aplicação de um índice quantitativo denominado Índice de Transformação Antrópica (ITA), e b) determinar o grau de degradação ambiental do Córrego do Ipê através dos anos, comparando os dados obtidos por Poletto no ano 2002 e os obtidos no ano 2011, tendo em conta um fator preponderante como são os recursos hídricos do Córrego a partir da análise das relações estabelecidas entre as variáveis consideradas e as análises do IQA.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na microbacia 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 (ver figura 1). Os municípios limítrofes de Ilha Solteira são: Ao Norte, Rubinéia, ao Sul, Itapura, ao Oeste, Selvíria/MS e ao Leste, Pereira Barreto.



Figura 1 - Localização do município de Ilha Solteira.

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

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

O município está situado na Província Geomorfológica do Planalto Ocidental, região das “zonas indivisas” Pereira (1993). Através do levantamento de cartas topográficas, constatou-se que a bacia hidrográfica do Córrego do Ipê possui uma área aproximada de 48,21 ha, e declividade de aproximadamente 450 m.

### Pontos de Amostragem

Uma vez definidos os três pontos de amostragens, foram tomadas as amostras uma vez por mês (ver Figura 3), durante o período de março até agosto dos anos de 2002 e de 2011 (Tabela 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 07:00h e 10:30h.

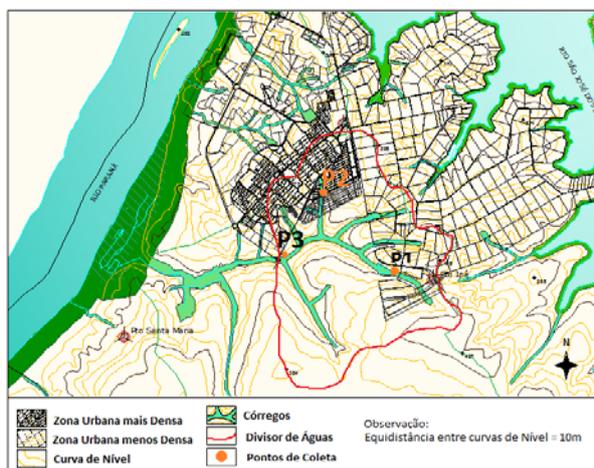


Figura 2 - Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê e pontos de amostragem

As metodologias utilizadas são 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 Tabela 2.

Na primeira fase foi o tratamento dos dados em análises multivariadas através de saídas de campo para verificação e corroboração dos dados obtidos no ano 2002, e a comparação com os dados obtidos no ano 2011

Tabela 1- Pontos de Amostragem e resultados da vazão

P.	Elevação	Latitude	Longitude	Vazão	2002	2011	Diferença
1	351 m	20°27'09" S	51°18'59" W	Mínima	0,0149 m <sup>3</sup> /s	0,0096 m <sup>3</sup> /s	<b>Perdida 0,0053 m<sup>3</sup>/s</b>
				Máxima	0,0202 m <sup>3</sup> /s	0,0228 m <sup>3</sup> /s	<b>Aumento 0,0026 m<sup>3</sup>/s</b>
2	343 m	20°25'46.5" S	51°20'06.8" W	Mínima	0,0024 m <sup>3</sup> /s	0,0021 m <sup>3</sup> /s	<b>Perdida 0,0003 m<sup>3</sup>/s</b>
				Máxima	0,0043 m <sup>3</sup> /s	0,0045 m <sup>3</sup> /s	<b>Aumento 0,0002 m<sup>3</sup>/s</b>
3	308 m	20°26'55.9" S	51°20'41.8" W	Mínima	0,0889 m <sup>3</sup> /s	0,0863 m <sup>3</sup> /s	<b>Perdida 0,0026 m<sup>3</sup>/s</b>
				Máxima	0,1353 m <sup>3</sup> /s	0,1467 m <sup>3</sup> /s	<b>Aumento 0,0114 m<sup>3</sup>/s</b>

Tabela 2 - Sínteses dos Métodos e Equipamentos empregados para análises Físicas- Químicas e Microbiológicas 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)	Método de Winkler Modificado	0,1	Titulador
DBO	Método das Diluições, Incubado a 20°C, 5 dias	0,1	Titulador
DQO (mg/l)	Disetão por reator, Espectrofotométrico	1,0	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/ Hach/DR-2500
Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos e Sólidos Suspensos (mg/l)	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 <i>Escherichia Coli</i>	1,0	1. Placas Petrifilm/3M 2. Estufa de cultura/Fanem/ A-LT 502

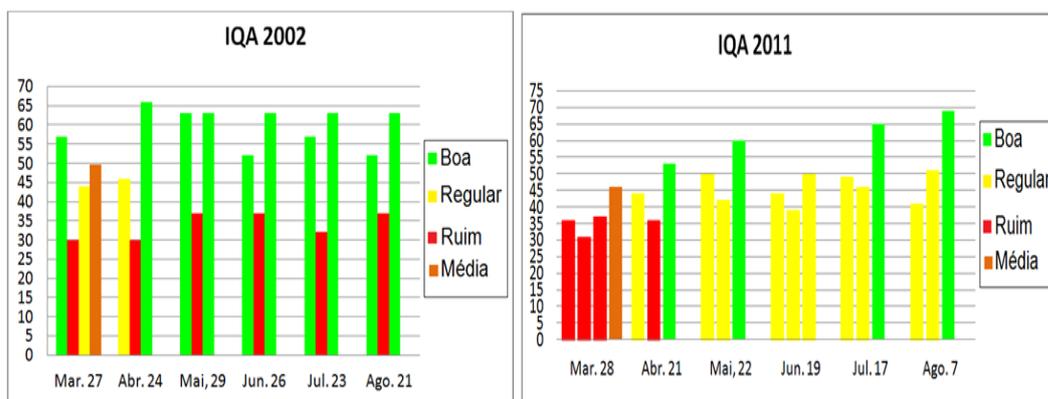


Figura 3 - Representação gráfica dos resultados de IQA dos anos de 2002 e 2011 do Córrego do Ipê

Fonte: Adaptado de Poletto (2002)

As medições nos três pontos de coleta foram feitas em períodos de 30 dias, de março até agosto do ano de 2002 e março até agosto do ano de 2011, totalizando três amostragens de água por mês, 18 em seis meses e totalizando 36 nesta pesquisa, tudo isto para a determinação dos parâmetros avaliados e medição de vazões, além da avaliação dos índices escolhidos para este estudo.

As alterações nas vazões que se observa na Tabela 1 resultam da ação antrópica no local da zona de estudo, onde a expansão urbana não é tão acentuada, mais as alterações ambientais causadas pelas mudanças no uso do solo começam a ser identificadas no primeiro ponto, perdendo 53 m<sup>3</sup>/s sendo assim o ponto de maior perda, no ponto 2 a perda foi só de 3 m<sup>3</sup>/s e no ponto 3 de 26 m<sup>3</sup>/s. A relação de causa e efeito quanto ao uso do solo, além do desmatamento maximizado nos últimos anos, são os causadores dos impactos nos recursos hídricos do Córrego do Ipê, não só na quantidade como também na qualidade destes. Obviamente os efeitos negativos na sub-bacia são potencializados pelas atividades humanas como a agricultura.

A diminuição nos fluxos das vazões mínimas nos três pontos é causada pelo desmatamento que impede a retenção da água nas camadas inferiores do solo, não existindo mais disponibilidade no transcurso do tempo, se ressalta que em épocas de seca o córrego tende a diminuir quase totalmente e quando a vazão se torna menor, os efeitos da poluição se tornam mais graves.

Em relação às leituras máximas se observa um aumento nas leituras dos três pontos, onde no primeiro ponto aumentou 26 m<sup>3</sup>/s, o ponto 2 aumentou 2 m<sup>3</sup>/s e no ponto 3 o valor foi de 114 m<sup>3</sup>/s, sendo o de maior aumento, entendendo que o córrego ao coletar as águas das precipitações, não

tem camadas seja de florestas ou pastos para reter os grandes níveis de chuva obtidos e desalojando essas grandes quantidades de recursos hídricos em menor tempo e com uma grande quantidade de solo retirado das culturas como é a cana de açúcar preponderante na região, causando impactos negativos na qualidade dos recursos hídricos.

### 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 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 aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20 °C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. A seguinte fórmula é utilizada:

$$QA = \prod_{i=1}^n q_i^{mi}$$

Onde:

**QA:** Índice de Qualidade das Águas; **qi** : 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.

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

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

No caso de não se dispor do valor de algum dos nove 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 tabela 3.

Uma das limitantes do uso do IQA radica na medida da concentração de uma substância, que geralmente é obtida em mg/L ( $C$  = concentração), ou seja é um indicador relativo da água, pois não mede o total da carga existente no rio num determinado momento, que seria obtido por  $C.Q$  (produto da concentração pela vazão), resultando geralmente em Kg/unidade de tempo. Antes de 2005 estes valores não eram relacionados com a vazão e, portanto ficava em aberto para qual vazão seria realizado o enquadramento do rio. Se a medida de concentração fosse num período chuvoso a concentração era baixa (de um poluente) e, portanto mostrava que o rio estava numa classe naquele período, mas poderia não estar em outro durante as secas, quando a vazão fosse menor. Na resolução de 2005 foi introduzida a vazão de referência, mas não foi definido o seu cálculo. Para esta pesquisa foram obtidos dados para o IQA nas épocas de seca e de chuvas.

Tabela 3 - Escala de qualidade da água indicada pelo IQA

Qualidade	Valor do IQA
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 39$

Fonte: CETESB (2004)

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

1. Adaptaram-se técnicas de geoprocessamento e monitoramento ambiental;
2. Indicação das áreas mais modificadas pelo homem;
3. Classificação e a elaboração dos mapas (classes temáticas);
4. Tomada de dados reais da bacia de estudo, procurando se 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 na ocasião 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 Tabela 4 se encontram 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 também se realizaram análises de regressão a 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.

Tabela 4 - 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)	2002			2011			
		Peso	Área ha	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	000,46	0,62	1,3	000,26
	Corpos de Água (CA)	6,4	1,01	2,1	0,1344	0,67	1,4	0,0896
	<b>Total</b>				<b>6.6116</b>			<b>8,0935</b>

O ITA foi desenvolvido por Lèmechev e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1997), Teixeira (2003), e Richter (2004), em estudos geocológicos 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 bacia hidrográfica do Córrego do Ipê.

O ITA é calculado a partir do mapa de uso e cobertura da terra (Equação 1):

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

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 nas sub-bacia;  $n$  = quantidades máximas de tipos de uso da terra.

Conforme o trabalho de Mateo (1984), 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 o maior dos dados no ano 2002 foi encontrado no ponto 2, no mês de julho com um valor de 174,68 NTU e o menor foi de 4,05 NTU no ponto 1 no mês de maio, com uma média neste ano de 28,9 NTU, onde o desvio padrão foi de 37,39

No ano 2011 o maior dado aconteceu no ponto 3 no mês de julho com um valor de 57,6 NTU e o menor foi de 25,27 NTU no ponto 1 também no mês de julho, a média deste ano foi de 40,56 NTU e o desvio padrão foi de 7,94. Tendo ocorrido um aumento de 11,66 NTU nos 9 anos transcorridos. Verificou-se só um ponto amostrado no mês de julho do ano 2002 com 174,68 NTU que não atendeu ao padrão de 100,00 NTU do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357.

Na temperatura, nas amostras do ano 2002 o maior dado foi encontrado no ponto 2, no mês de março com um valor de 23,7 °C e o menor foi de 18,2 °C no ponto 3 no mês de julho, com uma média de 21,20 °C. E o desvio padrão foi de 1,60. No ano 2011 o maior dado encontrado foi no ponto 1, no mês de abril com um valor de 22,4 °C e o menor foi de 19,8 °C também encontrado no ponto 1 no

mês de maio, com uma média de 20,9 °C. O desvio padrão foi de 0,74. De modo geral as amostras do ano 2002 e 2011 ficaram abaixo dos limites da CONAMA, observando-se um decréscimo nas leituras da temperatura no ano 2011 em relação ao ano de 2002. Entretanto pode se afirmar que a temperatura da água da bacia do Córrego do Ipê é mais estável no ano 2011 quanto comparada como o ano 2002, segundo o desvio padrão maior.

No que se refere à faixa estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que estabelece um pH variando entre 6,00 e 9,00, no ano 2002 o maior dado foi encontrado no ponto 2, no mês de março com um valor de 7,68 e o menor foi de 5,57 no ponto 1 no mês de julho, com uma média de 6,64 e o desvio padrão foi de 0,62. No referente ao ano 2011 o maior dado foi encontrado no ponto 3, no mês de maio com um valor de 7,78 e o menor dado foi de 6,02 no ponto 2, também no mês de maio, com uma média de 6,75 e o desvio padrão foi de 0,44. Observou-se que no ano 2002 as amostras do ponto 1 dos meses de abril, junho, julho e agosto obtiveram valores abaixo de 6 e ficaram fora da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA. Ao contrário no ano de 2011 nenhum resultado ficou fora do padrão.

Para os sólidos totais, o maior dado encontrado no ano 2002 foi no ponto 2, no mês de março com um valor de 7,49 mg/L e o menor foi de 101 mg/L no ponto 1 no mês de julho e agosto, a média deste ano foi de 279,5 mg/L e o desvio padrão foi de 186,54. Para o ano 2011 o maior dado foi encontrado no ponto 1, no mês de abril com um valor de 1022 mg/L e o menor dado deste ano foi 301 mg/L no ponto 2 no mês de julho, a média resultante deste ano foi de 614,77 mg/L e o desvio padrão foi de 197,34

Quanto ao OD no ano de 2002, o maior dado foi encontrado no ponto 1, no mês de julho com um valor de 7,68 mg/L e o menor foi de 6,34 mg/L no ponto 2 nos meses de maio, junho e julho, a média deste ano foi de 6,39 mg/L e o desvio padrão foi de 0,92. Além das concentrações de OD em quase todos os pontos amostrados no ano 2011, com exceção do ponto 2 com um valor de 1,6 mg/L e o ponto 3 com um valor de 1,52 mg/L no mês de março não foram superiores ao limite estabelecido pela CONAMA 357, que estabelece que em qualquer amostra a quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD), não pode ser inferior a 5,0 mg/L. se afirma que o maior dado foi encontrado no ponto 3, no mês de agosto com um valor de 6,78 mg/L e o menor foi de 1,52 mg/L novamente no ponto 3 nos

meses de março, a média deste ano foi de 3,78 mg/L e o desvio padrão foi de 1,57.

Com relação à DBO no ano 2002 o maior dado foi encontrado no ponto 2, no mês de março com um valor de 60 mg/L e o menor foi de 1 nos pontos 1 e 3 nos meses de março e agosto, a média deste ano foi de 15,77 mg/L e o desvio padrão foi de 18,22. No ano 2011 o maior dado foi encontrado no ponto 2, no mês de maio com um valor de 63 mg/L e o menor foi de 1 mg/L no ponto 3 no mês de março, a média deste ano foi de 20,92 mg/L e o desvio padrão foi de 20,79, aumentando na média um 5,15 mg/L.

Com relação à DQO do ano 2002, o maior dado foi encontrado no ponto 2, nos meses de maio e junho com um valor de 109 mg/L para os dois, e o menor dado foi de 2 mg/L obtido no ponto 3 nos meses de junho e agosto, a média deste ano foi de 33,34 mg/L e o desvio padrão foi de 39,91. No ano 2011, o maior dado foi encontrado no ponto 2, no mês de maio com um valor de 149 mg/L, e o menor dado foi de 2 mg/L, obtido no ponto 3 no mês de abril, a média deste ano foi de 37,66 mg/L e o desvio padrão foi de 45,62. Como resultado, obtiveram-se aumentos nas médias em 4,32 mg/L

Em termos gerais o Nitrogênio Total teve no ano de 2002, onde os maiores dados foram encontrados no ponto 2, nos meses de maio, junho e agosto com o mesmo valor de 11 mg/L para cada amostra, o menor dado foi de 0 obtido nos pontos 1, 2 e 3 no mesmo mês julho, e a média deste ano foi de 3,31 mg/L e o desvio padrão foi de 3,85. E o Nitrogênio Total no ano de 2011 teve o maior dado no ponto 2, no mês de agosto, com um valor de 11 mg/L, o menor dado foi de 0 obtido no ponto 3 no mês de julho, a média deste ano foi de 2,50 mg/L e o desvio padrão foi de 2,75. Aconteceu uma diminuição nos teores de Nitrogênio Total em 0,81 mg/L. Uma possibilidade da queda está na concentração proveniente da redução na utilização de adubos pela população da região, e pela mudança no uso e ocupação de solos onde antes predominavam pastos e gado poluindo com a urina o córrego, agora existem só plantios extensos de cana de açúcar.

O Fósforo Total teve no ano de 2002, o maior dado encontrado no ponto 2, no mês de abril, com um valor de 10,2 mg/L e o menor dado foi de 0,17 mg/L obtido no ponto 2 no mês de agosto, e a média deste ano foi de 1,69 mg/L e o desvio padrão foi de 2,93. Porém, no ano de 2011 teve o maior dado encontrado no ponto 2, no mês de julho, com um valor de 1,4 mg/L e o menor dado foi de 0,3 mg/L obtido no ponto 2 no mês de março e a média deste ano foi de 0,59 mg/L, com

um desvio padrão de 0,24. Fica clara uma diminuição nas médias dos teores de Fósforo em 1,1 mg/L, ou seja, o teor de Fósforo baixou em 65,1%

Aconteceu que o ano de 2002 teve o maior dado no ponto 2, no mês de julho, com um valor de 1,79E+04 UFC/100 ml e o menor dado foi de 0 obtido no ponto 2 nos meses de março e maio, a média deste ano foi de 1,57E+04 UFC e o desvio padrão foi de 40252,92. Agora, os teores de Coliformes Termotolerantes no ano de 2011 o maior dado foi encontrado no ponto 1, no mês de março, com um valor de 1200 UFC/100 ml e o menor dado foi de 0 obtido no ponto 3 nos meses de maio e agosto, a média deste ano foi de 253,11 UFC/100 ml e o desvio padrão foi de 378,20. Novamente a mudança do uso e ocupação de solos é o diferenciador destes anos comparados, onde antigamente predominavam pastos para produção pecuária e o gado tinha livre acesso ao córrego poluindo com estrume o recurso hídrico, mas ainda se observa poluição dos corpos hídricos por coliformes provenientes de animais, mais não tão intensiva como no ano de 2002.

Apresentam-se os resultados das análises do Índice de Qualidade da Água (IQA), realizados tentando assim simplificar a interpretação dos valores encontrados das variáveis analisadas para os três pontos em estudo nos anos 2002 e 2011.

No ano 2002 o maior dado foi encontrado no ponto 3, no mês de maio, com um valor de 75 e o menor dado foi de 30 obtido no ponto 2 nos meses de março e abril, a média deste ano foi de 50,22 e o desvio padrão foi de 13,63. Com respeito ao ano 2011, o maior dado foi encontrado no ponto 3, no mês de agosto, com um valor de 69 e o menor dado foi de 31 obtido no ponto 2 no mês de março, e a média deste ano foi de 46,83 e o desvio padrão foi de 9,97. A figura 3 mostra os valores calculados para os dois anos, em que se pode observar que no ano 2011, comparados aos valores do ano 2002, baixaram com o passar do tempo, e que os recursos hídricos continuam se deteriorando.

As colunas vermelhas representam os valores da IQA abaixo do limite da CONAMA 357 na faixa de  $19 \leq 39$  qualificada como Ruim.

As colunas amarelas são os valores da IQA que representam os valores na faixa de  $36 \leq 51$  qualificada como Regular (Figura 3). E as colunas verdes representam os valores da 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.

Também pode se observar a redução das colunas verdes de qualidade boa no ano 2002 passando para água regular no ano 2011. Cabe

ressaltar que no mês de março foi o mês com os dados mais baixos na IQA.

Verifica-se que a poluição no Córrego do Ipê aumentou como resultado das ações antrópicas, acompanhadas com as modificações no uso e ocupação de solos, onde o desmatamento das margens para a construção de casas ou culturas libera uma grande quantidade de sedimentos arrastados até o córrego e ainda recebe o esgoto de muitas residências. O problema se repete em vários traços do córrego do Ipê. Essa poluição no Córrego vem se acelerando com o crescimento populacional da sub-bacia e intensificando as atividades, tanto domésticas como agrícolas. Se ressaltar uma diminuição nos teores de fertilizantes e pesticidas nos dados recoletados no recurso hídrico, preocupa mais ainda a inadequada disposição de resíduos sólidos encontrados em alguns pontos do córrego, sobre tudo nas áreas antes de chegar a zonas urbanas que são usadas como depósitos de lixo. Além disso, existem problemas de proliferação de vetores de doenças e que por ocasião de chuvas intensas, esses cursos de água transbordam, ampliando os problemas sanitários e ambientais, causando dessa maneira uma diminuição do IQA no transcurso do tempo.

### Índice de Transformação Antrópica (ITA)

Posteriormente a proposta de Lémechev (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 ANTRÓPIZADAS NÃO AGRÍCOLAS

1. **Áreas Urbanizadas:** correspondem a uma área urbana e se dividem em duas classes: Zona urbana e Zona semi-urbana (Ripe Urbana)

## ÁREAS ANTRÓPIZADAS 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)

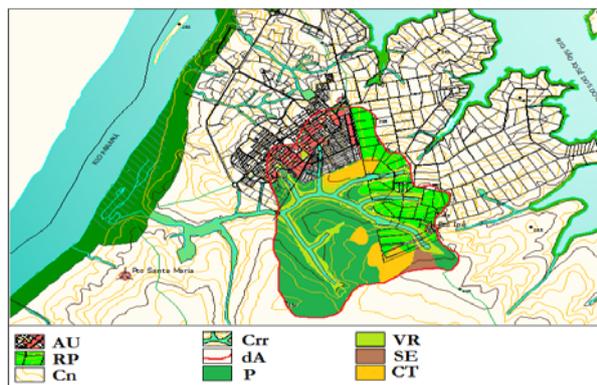


Figura 4 - Uso do solo no ano de 2002. - Áreas Urbanizadas (AU), Ripe urbana (RP), Cultura Temporária (CT), Cultura Permanente (CP), Pastagem (P), Floresta (F), Corpos de Água (CA).

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 como grau de antropização e no ano de

2011, se classificou como uma bacia *Muito Degradada* conforme os graus de antropização

Esta classificação obtida demonstra que o nível de transformação antrópica no uso da terra aumenta com os anos e tem uma forte influência sobre a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê.

Nas figuras 4 e 5 pode se observar essa ocupação inadequada, que 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 agricultura é uma das atividades antrópicas mais impactantes, isto faz 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 se pode observar na figuras 6.

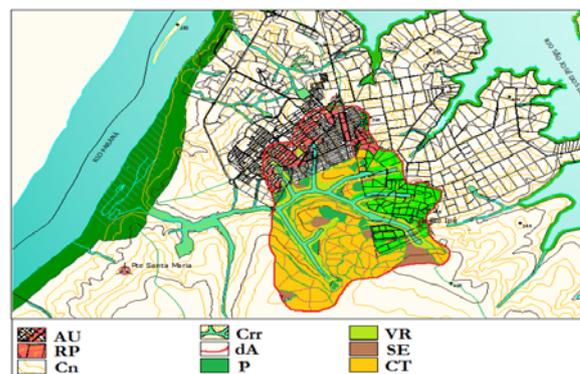


Figura 5 - Uso do solo no ano de 2011. - Área Urbanizada (AU), Ripe urbana (RP), Cultura Temporária (CT), Cultura Permanente (CP), Pastagem (P), Floresta (F), Corpos de Água (CA).

Os resultados nas medições de vazão mostram uma redução em alguns dos dados obtidos e o aumento em outros, com relação á medições registradas no ano 2002. As variações mais significativas são no mês de agosto no ponto 3, onde a vazão decresce de 0,1301m<sup>3</sup>/s para 0,0901 m<sup>3</sup>/s. No mês de junho no entanto ela aumenta de 0,0895 m<sup>3</sup>/s para 0,1467 m<sup>3</sup>/s e no mês de maio no ponto 2

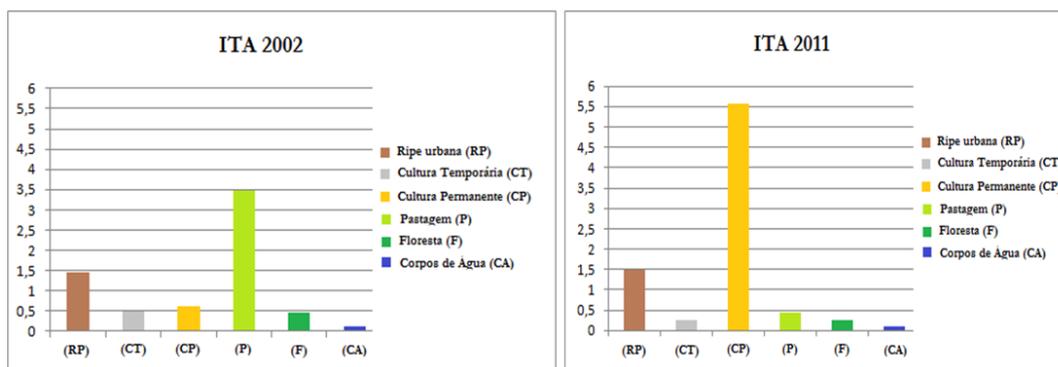


Figura 6-Representação gráfica dos resultados de ITA dos anos de 2002 e 2011 do Córrego do Ipê

os valores foram iguais. Nisso ressaltamos a importância dos pastos na retenção de água precipitada e como o uso e a ocupação dos solos influem não só na qualidade dos recursos hídricos como também na quantidade de uma determinada zona de estudo.

## CONCLUSÕES

Este estudo deixa como conclusões, que o uso da terra tem forte influência sobre a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê. Essa ocupação antrópica ou ocupação 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 agricultura é uma das atividades antrópicas mais impactantes negativamente nos ecossistemas, fazendo com que na zona de estudo predominem paisagem de campos cultivados, que foram implantados às expensas dos ecossistemas naturais, reduzindo ao mínimo a floresta, para convertê-las em pastagens para gado e culturas como a cana de açúcar.

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

Uma das mudanças mais notórias foi no uso e ocupação dos solos, onde antes predominavam os pastos e atualmente existem cultivos de grandes extensões de cana de açúcar, com trabalhos mecanizados onde a perda de solo é maior.

Foi detectada na área de estudo uma diminuição drástica nos teores de OD, o que indica a permanência de poluição por despejos de origem doméstica. Este fato pode ser evidenciado também pela presença de coliformes termotolerantes, cujos teores foram reduzidos em relação ao ano de 2002, porém sendo indicativos da contaminação da água.

Apesar da poluição ter aumentado nos anos transcorridos, juntamente com a intensificação das ações antrópicas, o IQA do Córrego do Ipê foi qualificado de acordo com a Resolução CONAMA 357, como Regular.

Aclara-se que na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH de 91/2008 no Art. 15 e parágrafos onde se afirma que enquanto não houver enquadramento a classe utilizada pode ser a classe 2. No caso da bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, não há uma especificação à classe que pertence, o corpo ou recurso hídrico. No licenciamento ambiental, bem como na aplicação dos demais instrumentos da gestão de recursos hídricos e de meio ambiente que tenham o enquadramento como referências para sua aplicação deverão ser considerados, nos corpos de água superficiais ainda não enquadrados, os padrões de qualidade da classe correspondente aos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água. Caberá à autoridade outorgante, em articulação com o órgão de meio ambiente, definir, por meio de ato próprio, a classe correspondente a ser adotada, de forma transitória, para aplicação dos instrumentos previstos no caput,

em função dos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água. Até que a autoridade outorgante tenha informações necessárias à definição prevista no parágrafo anterior e estabeleça a classe correspondente, poderá ser adotada, para as águas doces superficiais, a classe 2.

Todos os câmbios encontrados foram os causadores de determinados fatores de poluição com um grande poder transformador nos ecossistemas naturais. Sendo assim relacionou-se o IQA e o ITA, com o fim de representar as modificações no uso e ocupação de solos e as consequências sobre os recursos hídricos, onde através da aplicação destes dois índices se classificou conforme o ITA no ano 2002 como uma bacia **Degradada**, observando-se que no ano 2011 a bacia passou de acordo com o grau de antropização para **Muito degradada**. E referente ao IQA também se observou a degradação temporal nos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ÁNGELES, R. Y.; GIL, V. "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *Revista. GeoFocus* (Artículos), nº 6, p. 138-151.
- BREGUNCE, D. T.; JORDAN, E. N.; DZIEDZIC, M.; MARANHO, L. T.; CUBAS, S. A. Avaliação da Qualidade da Água do Ribeirão dos Müller. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 3, p. 39-47, 2011.
- CHIAPPETA, C.; ALMADA, C. Relationships between human resource dimensions and environmental management in companies: proposal of a model. *Journal of Cleaner Production*, vol. 16. CONAMA (2005)- Resolução nº 357, 2008.
- KLEPKA, V. Qualidade da água na bacia do rio Pirapó: uma análise das condições bióticas e abióticas. *Revista Diálogos & Saberes*, v. 7, n. 1, p. 9-17, 2011.
- MARTINS, A. S. *Avaliação das águas superficiais sob uso e ocupação na sub - bacia do rio Candeias/RO - Amazônia Ocidental*. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio ambiente) - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2011.
- NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Ambi-Agua*, v. 6, n. 1, p. 118 - 130, 2011.
- PEDREGAL, B.; TORRES, F. S.; ZOIDO, F. Propuesta metodológica para la medición del desarrollo y las desigualdades territoriales. Aplicación al territorio andaluz. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de septiembre de 2009, vol. X, núm. 220.
- PÉREZ, G. Uriel. La sistematización de las cuencas hidrográficas en la Facultad de Ingeniería Forestal: Periódico Ingeniería Forestal. Junio 3 de 2011.
- PÉREZ G. Uriel. Pensamiento sistémico en la planificación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas. En: *Foro Regional "Las cuencas hidrográficas, el cambio climático y la producción limpia"*. Febrero 8 de 2012.
- POLETO, C. Simulação da Qualidade de Água em Grandes Bacias: Rio Taquari-Antas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 13, n.3 n. 3, p. 223 - 234, 2008.
- RIOS-VILLAMIZAR, E. A.; JUNIOR, A. F. M.; WAICHMAN, A. V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na bacia do rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 5, n. 2, p. 54 – 65, 2011.
- SANTOS M. A., ROCHA D., ALMEIDA M G B; LIMA J. F S., CAVALCANTI E B; SANTOS A. F. C. Qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Japarutuba-Sergipe. *IV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe Aracaju*. 2011.
- TARÍ, J.; CLAVER, E.; PEREIRA, J. Levels of quality and environmental management in the hotel industry: Their joint influence on firm performance. *International Journal of Hospitality Management*, v. 29, p. 500-510, 2010.
- THEBALDI, M.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.3, p. 302 – 309, 2011.

THEBALDI, M.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.3, p. 302 – 309, 2011.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Ambi-Água*, v. 6, n. 2, p. 305 - 324, 2011.

VICH, A. (2010). “El sistema hídrico como determinante del ordenamiento territorial”. *Revista Gestión Integral de los Recursos Hídricos en Acción*, Mendoza, Argentina, v. 4, n.2, p.47 – 53, marzo/noviembre , 2010..

VICTORETTE, T. W. D. B.; BRENTANO, D. M. Qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Ratoões, Florianópolis/SC, nas estações de primavera e verão. *Cadernos de Publicação Acadêmica*, p. 44 – 52, 2011.

### ***Evaluation Of The Effects Of Anthropic Activities On Water Resources In The Sub-basin Of The Ipê Stream- SP***

#### ***ABSTRACT***

Presents a methodology based on the application of two environmental indicators, which recognizes that water quality is an excellent indicator to test anthropogenic effects on watersheds using the water quality index (WQI), and also the index anthropogenic transformation (ITA), to assess the changes in land use and occupation temporally, and to verify environmental changes over the years, thus obtaining actual levels of pollution produced by these changes in the water resources of Ipê stream,, located in the Municipality of Ilha Solteira – SP. The results showed a high degree of environmental fragility of the stream, as a consequence of urbanization, the growing population and the intensification of both domestic and agricultural activities, where the modifications in land use and occupation contributed to massive deforestation, thereby increasing the level of environmental degradation. However, the inadequate disposal of solid waste in the stream was found, as garbage dumps that help the proliferation

of disease vectors. This makes it clear that management is needed to conserve the environmental values at the local and regional level, representing the streams in the state of São Paulo.

**Keywords:** indicators, IAT (Index of Anthropogenic Transformation), WQI (Water Quality Index), changes, pressure, environmental fragility