

## USO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS PARA AVALIAR A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE A QUALIDADE AMBIENTAL NO ALTO RIO PARÁ

*Aline da Costa Rodrigues Pereira<sup>1</sup>; Pedro Henrique Trindade Dias Cabral<sup>2</sup>; Priscilla Maria Magri<sup>3</sup>; Ana Carolina Trevisani<sup>3</sup>; Fábio da Cunha Garcia<sup>4</sup> & Luiz Gustavo Martins da Silva\**

**Resumo** – Cursos d’água são considerados como sistemas integradores da paisagem terrestre e, portanto, receptores de substâncias resultantes dos processos físico-químicos desses ambientes. Por essa razão, toda dinâmica geomorfológica do entorno de uma bacia hidrográfica influencia diretamente a qualidade do ambiente aquático. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do uso e ocupação do solo no alto rio Pará utilizando parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água. O trecho estudado foi dividido em duas áreas de acordo com as características de uso e ocupação do solo observadas, sendo a área A aquela com menor densidade de mata ciliar e a área B aquela com maior densidade. Em cada área foram realizadas amostragens de água e peixes em três pontos distintos. Os resultados obtidos mostraram que nenhuma diferença significativa foi observada para as variáveis físico-químicas ou biológicas entre as áreas. Correlações negativas significativas foram registradas entre sólidos em suspensão e turbidez com a riqueza e diversidade de peixes. A princípio, a diferente densidade de mata ciliar observada entre as áreas não promoveu nenhum tipo de melhoria na qualidade ambiental do trecho estudado.

**Palavras-Chave** – Rio Pará, qualidade de água, uso e ocupação.

## USING PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS TO EVALUATE THE INFLUENCE OF LAND USE ON THE ENVIRONMENTAL QUALITY IN THE UPPER PARA RIVER BASIN

**Abstract** – River basins are considered systems that integrate the terrestrial landscape and, thus, act like receptors of substances resultant of physico-chemical process from these environments. So, the geomorphological dynamics surrounding a river basin had a considerable influence over the quality of the aquatic environment. Thus, the aim of this work was to evaluate the land use influence on the quality of the Upper Para River basin using physico-chemical and biological parameters of water quality. The river stretch studied was divided into two areas, considering the land use characteristics observed. Area A was represented by poor riparian vegetation coverage, while area B was characterized with a better riparian vegetation coverage. In both areas water and fish samples were conducted in three different sites. The results showed the no significant difference was observed for the physico-chemical and biological variables between the areas. Significant negative correlations were registered for suspended solids and turbidity with species richness and diversity. Basically, the different density of riparian vegetation observed among areas has not provided any improvement in the environmental quality of the upper Pará River basin in the studied stretch.

**Keywords** – Pará River, water quality, land use.

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia para o Desenvolvimento Sustentável – PPGTDS. UFSJ. alinecpereira@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Química. UFSJ. pedro\_eng.quimica@hotmail.com.

<sup>3</sup> Acadêmicas do Curso de Engenharia de Bioprocessos. UFSJ. priscilla.magri@hotmail.com; caroltrevisani.ufsj@gmail.com.

<sup>4</sup> DOC/CCHN/UFES. garciafc2007@gmail.com.

\*Autor Correspondente: PPGTDS/DTECH/UFSJ. luizsilva@ufsj.edu.br

## 1) INTRODUÇÃO

Cursos d'água servem como integradores das características da paisagem terrestre e como recipientes dos poluentes da terra e da atmosfera. A qualidade de sua água, por sua vez, resulta de fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e biológicos, sendo o tipo de uso e o manejo do solo determinantes para a qualidade da água em bacias hidrográficas (Chaves *et al.*, 2009). Assim o uso e ocupação do solo das bacias refletem na qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas.

Dentre as bacias mais impactadas no tocante à qualidade da água estão aquelas que sofrem processo de ocupação acelerada (May *et al.*, 1999). Os pesquisadores reconhecem cada vez mais que as ações humanas em escala de uso da terra são a principal ameaça à integridade ecológica dos ecossistemas fluviais, impactando habitat, qualidade da água e da biota por meio de inúmeras e complexas vias (Allan, 2004).

De acordo com Linhares *et al.* (2005), a utilização do solo desempenha um importante papel no ciclo hidrológico, com a vegetação tendo influência direta no processo de erosão, na qualidade da água, na dinâmica de nutrientes, na proteção de mananciais e na produção de água. Dessa forma, o conhecimento atualizado das formas de utilização e ocupação do solo, bem como seu uso histórico, tem sido um fator imprescindível ao estudo dos processos que se desenvolvem em determinada região, tornando-se de fundamental importância, na medida em que os efeitos do seu mau uso causam deterioração no meio ambiente. Os processos de erosão intensos, desertificação, inundações, assoreamentos de cursos d'água têm sido exemplos cotidianos de mau uso (Louzada, 2011).

Segundo Barbosa *et al.* (2000), a saúde de um ecossistema aquático pode ser inferida com base na caracterização da sua estrutura (elementos biológicos e sua interação com os parâmetros físicos e químicos) e funcionamento (processos fundamentais à manutenção da biodiversidade como produção, consumo e decomposição da matéria orgânica). Percebe-se que o entendimento do uso e ocupação do solo no entorno de uma bacia hidrográfica é fundamental para se entender a dinâmica de manutenção da qualidade do ambiente aquático, sendo que esse parâmetro pode ser avaliado utilizando-se variáveis físico-químicas e biológicas. Logo, monitoramentos que buscam a integração das informações estruturais do ambiente (variáveis físico-químicas e biológicas) permitem avaliações mais robustas acerca da saúde dos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, um melhor entendimento dos fatores de uso e ocupação que podem contribuir para eventual perda de qualidade.

O objetivo desse trabalho foi utilizar variáveis físico-químicas e biológicas para avaliar a qualidade ambiental do alto rio Pará buscando, com isso, identificar possíveis influências do uso e ocupação do solo no entorno da área de estudos.

## 2) MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1) Área de Estudo

O rio Pará é parte integrante da bacia hidrográfica do rio São Francisco, sendo um dos seus afluentes diretos. Este nasce nas vertentes das Serras do Galga e da Cebola, no município de Desterro de Entre Rios, Minas Gerais, a uma altitude superior a 1.200 metros. O rio percorre uma extensão de, aproximadamente, 300 km até desaguar no rio São Francisco, reservatório de Três Marias, no limite dos municípios de Pompéu e Martinho Campos.

Para atingir os objetivos do estudo, seis pontos foram selecionados ao longo do trecho em estudo no rio Pará. Os seis pontos analisados foram divididos em duas áreas, A e B. A divisão em áreas levou em consideração características ambientais analisadas sob o ponto de vista do uso e ocupação do solo, que serão descritas detalhadamente nos resultados. Basicamente, a área A apresentou densidade de mata ciliar reduzida ou ausente ao longo do curso do rio, indicando assim maior ocupação do solo. A área B foi caracterizada por maior densidade de mata ciliar, no entanto apenas em um pequeno trecho e concentrada na margem direita do rio. A Tabela 1 descreve as características de cada ponto amostral utilizada, os tipos de petrechos de pesca utilizados e a área em que o ponto foi inserido para análise dos dados.

Tabela 1 – Pontos de coletas, descrição dos pontos, tipos de petrechos de pesca utilizados em cada ponto e a área de cada um deles.

Ponto	Descrição do Ponto	Tipos de Petrechos de Pesca	Área
ICQA-02	Largura: 20 - 30 m; profundidade: 0,4 - 1,5 m. Trecho linear com correnteza, apresentando substrato arenoso e lamoso. Mata ciliar rala ou ausente, com presença de bambu nas margens.	Captura passiva com utilização de rede de espera M3/M10.	A
ICQA-03	Largura: 20 - 25 m; profundidade: 0,2 - 2,0 m. Trecho com água corrente e turva, apresentando substrato arenoso e pedregoso. Margens com presença de trechos desbarrancados e mata ciliar rala ou ausente.	Captura passiva com utilização de rede de espera M3/M10.	A
ICQA-04	Largura: 15 m; profundidade: 0,4 - 1,8 m. Trecho com grande velocidade de fluxo d'água, corredeiras e água turva, apresentando substrato arenoso, lamoso e pedregoso. Margens com pontos desbarrancados com presença de mata ciliar e pastagem.	Captura passiva e ativa com utilização de rede de espera M3/M10, peneira e tarrafa.	B
ICQA-05	Largura: 20 - 25 m; profundidade: 0,5 - 1,7 m. Trecho com presença de troncos caídos no leito do curso d'água, apresentando substrato arenoso e bancos de areia em toda a seção. Margens com pontos desbarrancados com presença de mata ciliar e pastagem.	Captura passiva com utilização de rede de espera M3/M10.	B
ICQA-06	Largura: 20 m; profundidade: 0,5 - 1,4 m. Trecho com presença de substrato lamoso e arenoso. Margens com pontos desbarrancados com presença de mata ciliar, bambu e pastagem.	Captura passiva com utilização de rede de espera M3/M10.	B
ICQA-07	Largura: 30 m; profundidade: 0,4 - 1,1 m. Trecho retilíneo e bastante assoreado, apresentando substrato arenoso e lamoso. Margens com pontos desbarrancados com presença de mata ciliar rala e pastagem.	Captura passiva e ativa com utilização de rede de espera M3/M10 e peneira.	A

## 2.2) Avaliação do uso e ocupação do solo

Para a avaliação do uso e ocupação do solo foram utilizadas imagens de agosto de 2007, georreferenciadas pelo IBAMA, do CBERS 2B, sensor CCD, sendo as respectivas cenas: 152/123 - 2007-08-25 e 153/123 - 2007-08-22. As imagens foram tratadas e interpretadas a partir do programa ArcView. A atualização dos dados de uso e ocupação do solo obtidos com as imagens foi realizada com visitas em campo descrevendo o uso atual e obtendo registros fotográficos.

### 2.3) Captura dos peixes

As campanhas para captura dos peixes foram realizadas em novembro de 2011 e nos meses de junho, agosto e outubro de 2012, constituindo assim um ciclo hidrológico praticamente completo. Para a amostragem quantitativa dos peixes foram utilizadas redes de emalhar com diferentes tamanhos de malha, tendo de 3 a 10 cm (medidas entre nós opostos), 10m de comprimento e 1,5m de altura, totalizando um esforço de 15m<sup>2</sup> para cada rede. Esse tipo de petrecho foi armado ao entardecer e retirado na manhã seguinte, perfazendo cerca de 14 horas de exposição na coluna d'água.

### 2.4) Avaliação da qualidade de água

As coletas de água foram realizadas no mesmo período em que ocorreram as capturas de peixes. Foram analisados parâmetros físicos como sólidos suspensos e turbidez e químico, nesse caso a condutividade elétrica. Essas variáveis foram escolhidas em razão de refletirem as entradas de materiais, particulados e dissolvidos nos corpos d'água podendo interferir na qualidade estética desses ambientes. A condutividade elétrica reflete variações nas condições geológicas de uma bacia hidrográfica, sendo que esse conjunto de informações justifica seu uso para avaliações de uso e ocupação do solo. As coletas e análises das amostras de água foram realizadas por uma empresa com acreditação NBR-ISO 17.025.

### 2.5) Análise dos dados

Para análise da estrutura da comunidade ictífica foi feito o cálculo da Captura por Unidade de Esforço em número (CPUE<sub>n</sub>) para cada ponto de coleta, por período de amostragem. Foram calculados também os índices de diversidade (índice de Shannon; H') e de riqueza (d).

A CPUE foi obtida através da seguinte relação:

$$CPUE_n = \sum_{m=3}^{10} (Nm/Epm) \times 100, \text{ sendo:} \quad (1)$$

CPUE<sub>n</sub> = Captura em número por unidade de esforço;

N<sub>m</sub> = Número total dos peixes capturados na malha m;

E<sub>pm</sub> = Esforço de pesca, que representa a área em m<sup>2</sup> das redes de malha m;

m = Tamanho da malha (3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10 cm).

A riqueza foi considerada como o número de espécies capturadas em cada ponto amostral. Para o cálculo do índice de diversidade de Shannon foi utilizada a seguinte expressão:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln P_i, \text{ sendo:} \quad (2)$$

S = Número total de espécies na amostra;

i = Espécie 1, 2... na amostra;

$P_i$  = Proporção de indivíduos da espécie  $i$  na amostra.

Para comparação dos dados físico-químicos e bióticos entre as áreas foram realizadas análises estatísticas fazendo uso do software Statistica 8.0 (StatSoft, 2007). Para avaliar a normalidade dos dados utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk. Em razão da não normalidade apresentada, aplicou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. A influência entre as variáveis físico-químicas e bióticas foi analisada pela Correlação de Spearman. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 95% (StatSoft, 2007).

### 3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1) Descrição do uso e ocupação do solo

De acordo com a fotointerpretação das imagens (Figuras 1 e 2) observa-se a presença de solos argilosos e solos arenosos em toda a região de estudo (imagens mais claras e com coloração roxa). Percebe-se a alta intervenção em Áreas de Preservação Permanente – APP com plantações na margem do Rio e em áreas mais elevadas. As formas geométricas em ambas as imagens representam a presença de culturas que foram identificadas em visitas de campo como sendo na maioria milho, cana, tomate e eucalipto. Uma característica predominante em toda área de estudo foi a presença de solos expostos, o que foi confirmado em campo como sendo áreas desmatadas para pastagem ou mesmo culturas.

Considerando-se as características das áreas utilizadas no estudo, percebe-se que a Área A demonstra, teoricamente, um maior impacto quanto ao uso e ocupação do solo. Foram identificados vários focos de solos expostos, áreas de culturas próximas à margem do Rio, estradas, e ausência de mata ciliar. Já na Área B foram identificadas áreas de pastagem, plantações de eucaliptos, solos expostos em sua margem esquerda. Porém em sua margem direita, os pontos apresentam fragmentos relevantes de mata ciliar que garantem uma melhor forma de uso e ocupação do solo.

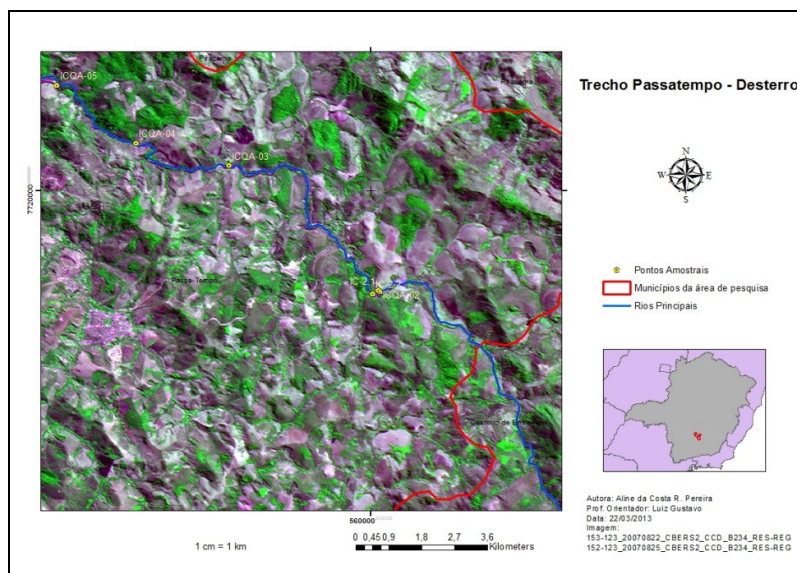


Figura 1 – Imagem do uso e ocupação do solo incluindo os pontos amostrais 2, 3 e 4, correspondendo à área A – 2 e 3 e B - 4.

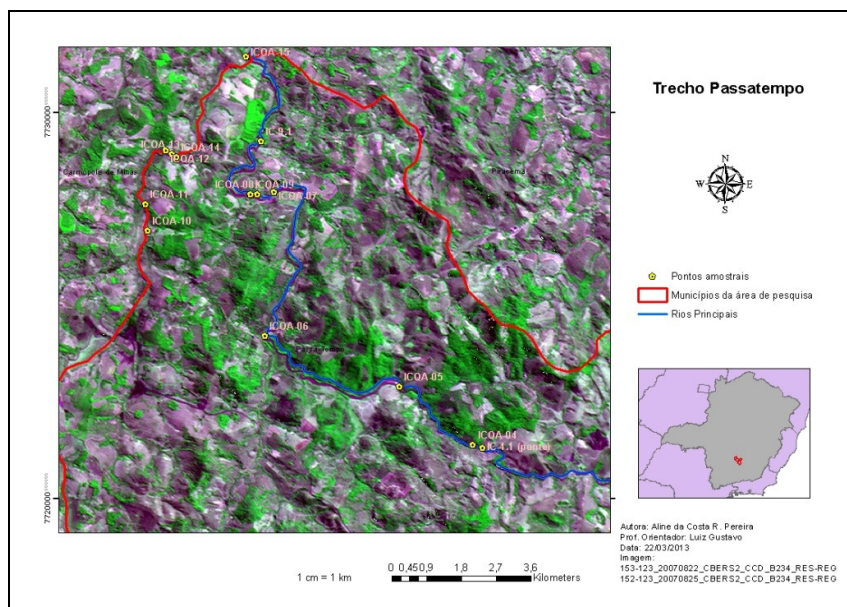


Figura 2 – Imagem do uso e ocupação do solo incluindo os pontos amostrais 5, 6 e 7, correspondendo à área A – 7 e B – 5 e 6.

### 3.2) Comparações das variáveis físico-químicas e bióticas entre as áreas

As análises das variáveis físico-químicas (condutividade, turbidez e sólidos em suspensão) quando comparadas entre as Áreas demonstraram valores ligeiramente maiores para a Área B, porém com diferenças não significativas (Kruskal-Wallis;  $H = 0,003$ ,  $p = 0,95$ ;  $H = 0,65$ ,  $p = 0,41$ ;  $H = 0,61$ ,  $p = 0,43$ ). A condutividade na área A apresentou valor da mediana de  $9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e máximo de  $37,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Já na área B esse valor foi de  $12,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sendo o máximo registrado  $35 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Figura 3A). Já a turbidez para a área A apresentou mediana de  $34,15 \text{ NTU}$  e máximo de  $257 \text{ NTU}$ , ao passo que para a área B os valores foram de  $56,3 \text{ NTU}$  e  $314 \text{ NTU}$ , respectivamente (Figura 3B). Sólidos em suspensão também foram registrados em maior concentração na área B, sendo a mediana de  $41 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  e o valor registrado de  $286 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (Figura 3C).

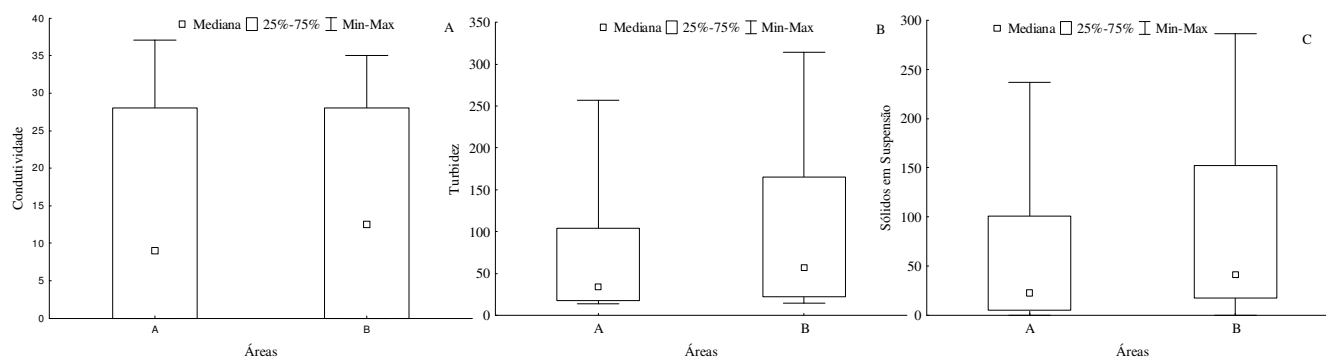


Figura 3 – Comparação das variáveis físico-químicas entre as áreas definidas no estudo. A) Condutividade; B) Turbidez e C) Sólidos em suspensão. Área A: maior intensidade de uso e ocupação do solo; Área B: menor intensidade de uso e ocupação do solo.

As variáveis para a ictiofauna (CPUEn, riqueza e diversidade) comparadas entre as áreas também não mostraram valores com diferenças significativas (Kruskal-Wallis,  $H = 3,73$ ,  $p = 0,05$ ;  $H = 1,65$ ,  $p = 0,19$ ;  $H = 0,53$ ,  $p = 0,46$ , respectivamente). Em geral, a Figura 4 indica que os valores das variáveis bióticas também foram ligeiramente superiores para a área B quando comparados com a área A.

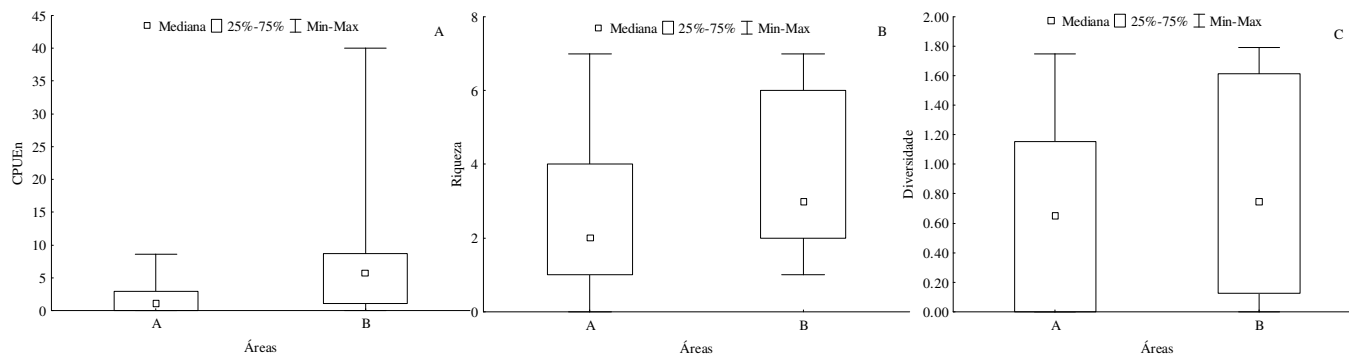


Figura 4 – Comparação das variáveis para ictiofauna entre as áreas definidas no estudo. A) CPUEn; B) Riqueza de espécies e C) Índice de diversidade de Shannon-Wiener. Área A: maior intensidade de uso e ocupação do solo; Área B: menor intensidade de uso e ocupação do solo.

Percebe-se pelos resultados obtidos que, aparentemente, mesmo tendo sido registrada uma maior densidade de vegetação ciliar na área B, os resultados obtidos para as variáveis físico-químicas utilizadas demonstraram não existir diferença quando comparados com a área A, onde a intensidade de uso seria maior. Isso significa que do ponto de vista de qualidade de água, as duas áreas apresentam-se de forma similar.

Pela mesma forma, a não observação de diferenças significativas para as variáveis biológicas entre as áreas demonstra que, aparentemente, as comunidades de peixes se distribuem similarmente nesses locais, indicando que a qualidade ambiental não se altera em razão da uma estrutura aparentemente melhor do entorno na área B.

Quando realizadas correlações entre as variáveis físico-químicas e da ictiofauna observou-se que turbidez e sólidos em suspensão apresentaram correlação negativa significativa com a riqueza de espécies e diversidade ao longo das áreas ( $r = -0,51$ ;  $r = -0,63$ ;  $r = -0,56$ ;  $r = -0,66$ , respectivamente). Isso indica que o aumento da turbidez e da concentração de sólidos em suspensão na água provoca uma diminuição na riqueza de espécies e na diversidade encontrada nas áreas de estudo. Considerando que essas variáveis físico-químicas de qualidade de água influenciam-se pelo entorno do curso d'água, percebe-se que a estrutura ambiental do rio Pará em seu trecho alto pode estar comprometida e que isso tem afetado a distribuição de peixes no local.

#### 4) CONCLUSÕES

Em suma, a utilização de parâmetros físico-químicos e biológicos de maneira integrada permite uma melhor avaliação da qualidade ambiental de ambientes aquáticos. Percebe-se que o uso de variáveis bióticas pode auxiliar na complementação das informações obtidas com variáveis físico-químicas, permitindo uma avaliação da qualidade ambiental de um curso d'água. Certamente, a obtenção de séries mais extensas de dados em monitoramentos realizados em longo prazo podem permitir avaliações mais robustas para a área de estudo.

## 5) REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D. (2004). Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 35 (2004), pp. 257-284
- BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. & GALDEAN, N. (2000). The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicators of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. *Aquatic Ecosystem Health & Management* (in press). 2000.
- CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. (2009). Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Volume 13, pp.922-930.
- KARR, J. R & CHU, E. W. (2000). Sustaining living rivers. *Hydrobiologia* 422/423: pp. 1–14.
- JUNGWIRTH, M.; MUHAR, S.; SCHMUTZ, S. (2000) (eds) *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, pp. 487.
- LINHARES, C. A.; SOARES, J. V.; BATISTA, G. T. (2005). Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Ji-Paraná. In *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abr. 2005, INPE, pp. 3097- 3105.
- LOUZADA, F. L. R. O., PIROVANI, D. B., LOUGON, M. S., SANTOS, A. R. (2009). Caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Vala do Souza – ES. In *Anais do IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*, 2009, São José dos Campos - SP. UNIVAP, 2009. pp. 1-4.
- MAY, C. W.; HORNER, R. R.; KARR, J.R.; MAR, B. W.; WELCH, E. B. (1999) Effects of urbanization on small streams in the Puget Sound ecoregion. *Watershed Protection Techniques*, 2 (4), pp. 483-494.
- PINTO, B.C.T.; ARAUJO, F.G.; HUGHES, R.M. (2006). Effects of landscape and riparian condition on a fish index of biotic integrity in a large southeastern Brazil river. *Hydrobiologia*, 556, pp. 69-83.
- ROSET, N.; GRENOUILLET, G.; GOFFAUX, D.; PONT, D.; KESTEMONT, P. (2007). A review of existing fish assemblage indicators and methodologies. *Fisheries Management and Ecology*, 14, pp. 393-405.
- STATSOFT, Inc. (2007). Statistica. Data Analysis Software System – version 8.0 – [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- TEJERINA-GARRO, F.L., MALDONADO, M., IBAÑEZ, C., PONT, D., ROSET, N. & BERDORFF, T. (2005) . Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48, 91-108.