

**IV-167 - AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA ÁGUA UTILIZANDO  
BIOENSAIOS DE PEIXE E PARÂMETROS INORGÂNICOS DE QUALIDADE:  
ESTUDO DE CASO DO RIO UBERABINHA - MG - BRASIL**

**Maria da Graça Vasconcelos<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química, Mestre em Engenharia Mecânica, Doutora em Química Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia. Professora Associado do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

**Luiz Alfredo Pavanin**

Pós-doutorado em Química pela Università Degli Studi di Ferrara - Itália. Professor Associado do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia.

**Erich Vettore Pavanin.**

Mestre em Geografia pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Amazonas, S/N Bloco 2E - Sala 122 - Campus Umuarama - Uberlândia - MG - CEP: 38405-302 - Brasil - Tel: +55 (34) 3225-8444 - Fax: +55 (34) 3225-8444 - e-mail: [mgvas@ufu.br](mailto:mgvas@ufu.br)

## **RESUMO**

As características físicas, químicas e biológicas da água, que em seu conjunto permitem a avaliação da sua qualidade, permanecem associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Nesse estudo manteve-se o propósito de promover uma avaliação integrada da qualidade da água do Rio Uberabinha, na Cidade de Uberlândia - Minas Gerais - Brasil. A pesquisa foi baseada na caracterização físico-química dos parâmetros de qualidade da água e na utilização de peixes como bioindicadores de genotóxicos, para avaliar o efeito tóxico da água a biota existente. Foram realizadas quatro amostragens em diferentes épocas do ano e estabelecidos cinco pontos de avaliação. Na definição dos locais de coleta, procurou-se identificar as áreas que caracterizam as condições naturais de escoamento das águas, a montante e a jusante da cidade e as áreas onde as interferências antrópicas são significativas. Nas amostras de água foram avaliados: temperatura, pH, odor, cor, turbidez, dureza total, fluoretos, fosfato, cloretos, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, sulfatos, sulfetos, cloro residual, surfactantes, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, DQO, DBO, bário, coliformes totais, coliformes fecais. O Índice da Qualidade da Água - IQA foi calculado e comparado com os valores estabelecidos na legislação. Os resultados juntamente com os testes de micronúcleos realizados em espécimes de Bagre, *Rhamdia quelen*, comprovaram o efeito da contaminação nos pontos amostrados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioensaios de peixe, Parâmetros inorgânicos, Qualidade da água.

## **INTRODUÇÃO**

A conservação das águas, a sua utilização racional e a garantia de acesso assegurada são aspectos importantes na gestão dos recursos hídricos, para o bem estar de todos, para a preservação do meio ambiente e para a resolução de conflitos relacionados à questão hídrica. A ação humana através principalmente da expansão e intensificação das atividades econômicas e do adensamento populacional de forma desordenada vem ocasionando crescentes problemas sobre os recursos hídricos, alterando o regime hidrológico, a qualidade e a quantidade das águas. Diante dessa realidade é crescente o interesse pelo adequado uso da água e, consequentemente, ampliam-se os estudos a ela relacionados, o que pode ser evidenciado pelo surgimento de leis específicas para esta finalidade, as quais passam a tratar a água como um recurso escasso e finito, sendo a ela atribuído um valor econômico.

A água é um elemento fundamental a todas as formas de vida no planeta, constituindo-se num requisito insubstituível para a grande maioria das atividades humanas e ao equilíbrio ambiental. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental considerar que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade: a capacidade de dissolução e a capacidade de transporte (BRASIL, 2006). A conjunção das capacidades de dissolução e de transporte conduz

ao fato de que o sistema aquático inclui obrigatoriamente a bacia de contribuição, exatamente onde ocorrem os fenômenos que irão conferir à água suas características de qualidade. Assim, a qualidade de uma determinada água depende das condições naturais locais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Estudos ambientais têm indicado que não existe uma correlação entre a concentração total do metal e a sua toxicidade (MARKERT, 1998), e que a forma química e, conseqüentemente, a mobilidade dos metais, mais do que a sua concentração total, são fatores determinantes da toxicidade desses metais. O problema da mobilidade é particularmente importante quando é necessário prever os efeitos de modificações físico-químicas causadas por intervenções antrópicas. Assim, de certa forma, os estudos de ecotoxicologia com organismos vivos já se tornaram comuns na avaliação da contaminação de amostras de água e sedimentos.

A pesquisa assume um caráter preventivo, na medida em que propõe caracterizar as alterações espaciais e temporais das condições e padrões de qualidade da água do rio Uberabinha, com base na avaliação dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água e dos efeitos tóxicos em espécimes da ictiofauna. Esse estudo teve também como objetivo identificar e acompanhar a presença de metais na água, que muito comprometem a sua qualidade, quando não atendem as especificações das legislações vigentes. Contribuindo com um prognóstico para eventuais problemas futuros e gerando subsídios importantes para a análise da tendência evolutiva, possibilitando a proposição de medidas corretivas emergenciais a eventuais processos comprometedores da qualidade da água, que abastece o município e a região.

## **METODOLOGIA**

### **Área de estudo**

O município de Uberlândia está localizado no estado de Minas Gerais, no Brasil, entre as coordenadas geográficas 18°33'59.00" e 19°13'59.00" de latitude sul, 47°02'59.00" e 48°49'59.00" e longitude oeste. Possui uma população de aproximadamente 700 mil habitantes. A malha urbana é limitada pelo Rio Uberabinha ao sul, que percorre, cortando a mesma até seu limite noroeste por aproximadamente 28 km. Por muitos anos os esgotos produzidos na cidade foram lançados diretamente no rio tornando-o mais que um problema, mas um local indesejável e inadequado a permanência ou utilização da população. Dentre os aspectos relacionados à sua importância destaca-se uma grande função por ele desempenhada, que é o de abastecer a cidade de Uberlândia com água. (SEPLAMA, 2013).

O rio Uberabinha sempre desempenhou importante papel na história do desenvolvimento de Uberlândia, tendo sido apropriado pela população de diferentes formas ao longo de sua extensão. A montante da ocupação urbana está localizada uma das estações de captação e tratamento da água que abastece a cidade, onde prevalecia a ocupação de fazendas, chácaras e ainda, clubes de lazer, amplamente utilizados para natação e esqui aquático. Porém, a jusante de um dos clubes, o rio foi depositário do esgoto urbano que chegava até ele, principalmente, através de seus afluentes, os córregos São Pedro e Tabocas. Neste trecho, a ocupação dos espaços se deu de forma esparsa, com usos que incluíam criações de animais ou atividades industriais, que lançavam seus efluentes no mesmo. Tais ocupações interferiam na vegetação original, inclusive em áreas de nascentes.

Para a consecução dos objetivos propostos, considerando-se a sub-bacia do rio Uberabinha, foi elaborado um plano experimental específico de amostragem e identificação dos pontos de captação da água, tomando-se as suas coordenadas geográficas com o uso de GPS. Para a definição dos cinco locais de coleta, procurou-se identificar as áreas que caracterizam as condições naturais de escoamento das águas e as principais interferências antrópicas, relacionadas às atividades industriais, a ocupação agrícola e as descargas de efluentes. O primeiro ponto foi escolhido à montante do município de Uberlândia; o segundo, terceiro e quarto dentro da área urbana, próximos a empreendimentos potencialmente poluidores; e o quinto a jusante, para a elaboração de análises físico-químicas comparativas das atuais situações das águas do Rio Uberabinha, visando caracterizar a sua qualidade. As análises das amostras foram realizadas com medições em campo e com análises laboratoriais, constituindo a etapa final da pesquisa.

Foram realizadas quatro coletas de amostras de água nos cinco pontos de amostragem estabelecidos. Adotou-se nessa pesquisa o procedimento usual para obtenção de amostras compostas, que são formadas pela combinação de todas as amostras individuais, ou sub-amostras, que pertencem a uma amostragem ou medição. Sendo que

essa combinação de subamostras, transformada numa só amostra foi então encaminhada aos laboratórios, para as análises e determinações necessárias. (CARVALHO, 2000).

## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Organismos usados em testes mutagênicos demonstram uma avaliação realística do potencial de um possível mutágeno para induzir alterações tais como modificação numérica e ou estrutural de cromossomos que resultam em aberrações cromossômicas. Organismos aquáticos, como peixes, acumulam poluentes diretamente de água contaminada ou indiretamente pela ingestão de organismos aquáticos contaminados. Assim, poluente genotóxico pode levar à contaminação não apenas dos organismos aquáticos, mas também de todo o ecossistema e, finalmente, de humanos pela cadeia alimentícia (MATSUMOTO *et al.*, 2006).

Peixe é um modelo adequado, e tem sido bem sucedido, adequado como bioindicador de genotoxícos no meio aquático, devido sua habilidade para metabolizar xenobiótico e acumular contaminantes. O uso de espécies locais, micronúcleos em eritrócitos de peixes demonstram vantagens devido a várias razões: espécies diferentes, facilidade de amostras, facilidade para capturar e analisar (GRISOLIA *et al.*, 2009). Muitas espécies de peixes têm se demonstrado como bons bioindicadores para estudos *in situ*, utilizando o teste micronúcleo como biomarcador de genotoxicidade (VASCONCELOS, 2012).

A análise da frequência de micronúcleos durante interfase é uma técnica rápida e fácil de condução. Eritrócitos de Teleosteos possuem apenas um núcleo e tem sido uma boa ferramenta para a detecção de substâncias clastogênicas em água, o teste de micronúcleos em eritrócitos de peixe tem sido usado como um passo inicial na avaliação do potencial clastogênico (MATSUMOTO *et al.*, 2006). O bagre *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae), conhecido como jundiá é uma espécie amplamente distribuída na América do Sul e Central, ao leste dos Andes e entre a Venezuela e o Norte da Argentina. Este bagre tem hábitos noturnos com preferência por locais calmos e profundos dos rios com seixos grandes ou com troncos submersos (SCHULZ E LEUCHTENBERGER, 2006).

Foram coletados espécimes de Bagre, *Rhamdia quelen* (bioindicadores) de ambos os sexos que foram transportados vivos e mantidos em aquário. Nos parâmetros morfométricos do peixe foram incluídos o peso e o tamanho. Os exemplares foram coletados nos cinco pontos estabelecidos na bacia do Rio Uberabinha, na região de Uberlândia localizada em uma área geográfica designada como Triângulo Mineiro. As amostras foram capturadas utilizando armadilhas tipo funil feitas de chapa de aço inoxidável, contendo peixes, vísceras de frango, bovina e de coração, como isca e com auxílio de anzol. Os peixes foram mantidos em isopor com água do local e aeração, e em seguida transportados até o Laboratório de Citogenética - Universidade Federal de Uberlândia para posterior procedimento (VASCONCELOS, 2012).

### Parâmetros inorgânicos de qualidade

Os parâmetros inorgânicos, relativos às águas doces, investigados nesta pesquisa foram comparados com os valores estabelecidos na legislação vigente, de acordo com as Resoluções do CONAMA n° 357/2005, 397/2008 e 430/2011, que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. As amostras de água do rio Uberabinha foram coletadas com base nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Neste estudo foram utilizadas as NBR 9898 (ABNT, 1987) em conjunto com as complementares NBR 9896 (ABNT, 1986) e a NBR 9897 (ABNT, 1986) - planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - procedimentos.

Após as coletas, as amostras foram conservadas em uma caixa isotérmica refrigerada e levadas para serem analisadas nos Laboratórios do Instituto de Química e no Laboratório de Microbiologia do Curso de Engenharia Ambiental, segundo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Nas amostras de água foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, odor, cor, turbidez, dureza total, fluoretos, cloretos, nitratos, nitritos, nitrogênio amoniacal, sulfatos, fosfatos, sulfetos, cloro residual, surfactantes, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, DQO, DBO. As concentrações de alumínio, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, potássio, selênio, sódio e zinco nas amostras de água foram obtidas utilizando-se a Espectrometria de Absorção Atômica por Chama.

## RESULTADOS

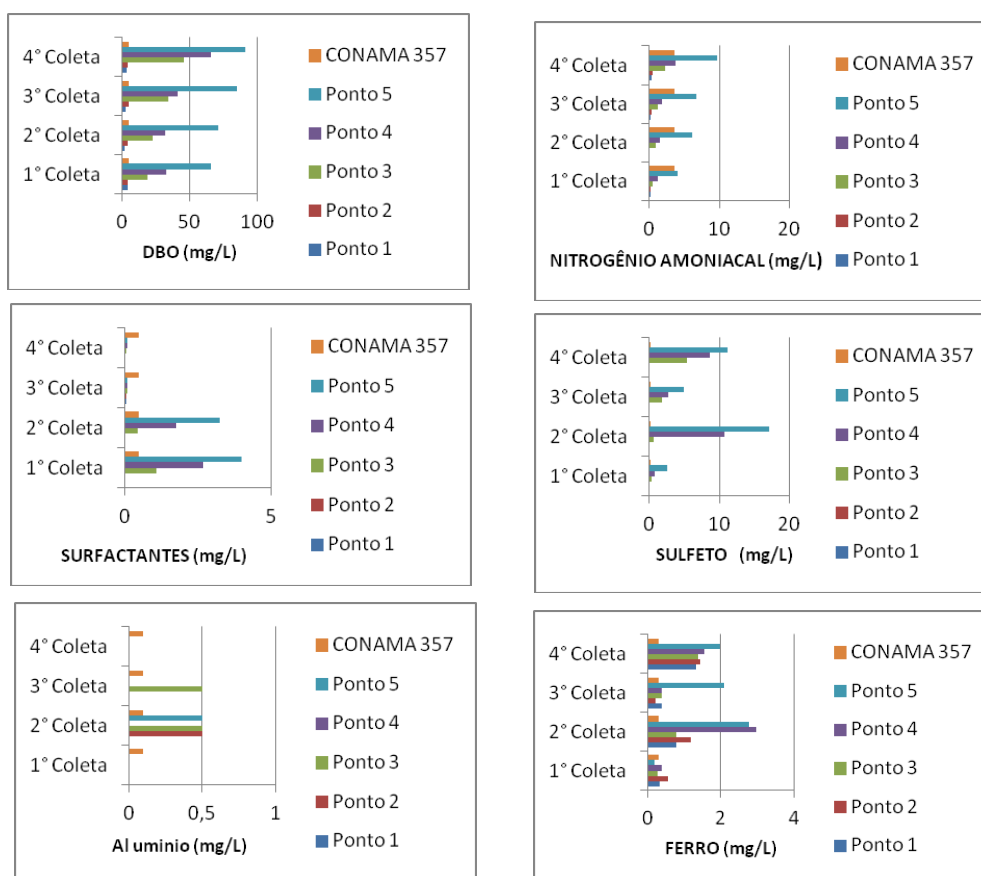
Em relação aos resultados obtidos nos testes de micronúcleos pode-se observar que os pontos três, quatro e cinco diferem de forma significativa do ponto um, assumido como ponto de controle, contando com um número muito maior de células micronucleadas, conforme dados da Tabela 1. Apenas o ponto dois referente ao ponto mais próximo do ponto de controle não difere significativamente em relação à frequência de células micronucleadas. Evidenciando assim, como a contaminação difusa das águas do Rio Uberabinha, pelo município, vem sendo assimilada pela espécie psícolá analisada.

**Tabela 1: Frequências de micronúcleos em eritrócitos periféricos de *Rhamdia quelen* nos cinco pontos de amostragem no Rio Uberabinha - MG.**

Ponto	Nº Ind	Células	MN	MN/1000
1	7	14000	32	2,3 ± 0,8
2	7	14000	62	4,4 ± 1,7
3	7	14000	134	9,6 ± 1,5*
4	7	14000	166	11,9 ± 1,7*
5	7	14000	176	12,6 ± 2,2*

\* Diferença significativa quando comparada ao controle.

Os resultados das análises laboratoriais obtidos para a água, nos cinco pontos de amostragem, nas quatro coletas realizadas foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, para Águas Doces Classe 2. Em relação aos metais analisados: Cd, Pb, Cu, Cr e Zn não se constatou concentrações superiores aos valores estabelecidos. Enquanto que, valores superiores aos da resolução foram observados para a DBO, nitrogênio amoniacal, surfactantes, sulfeto, alumínio e ferro, apresentados na Figura 1.



**Figura 1: Comparação dos parâmetros obtidos nos cinco pontos de amostragem, nas quatro coletas realizadas, com os valores estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, para Águas Doces Classe 2.**

O Índice de Qualidade da Água - IQA, calculado com os valores médios das análises dos parâmetros desta pesquisa, estão apresentados na Tabela 2. Os principais parâmetros de contaminação das amostras de água coletadas, como o alumínio, o ferro, o sulfeto, nitrogênio amoniacal, surfactantes, não fazem parte dos parâmetros elencados para o cálculo do IQA.

**Tabela 2: Resultados obtidos no cálculo do IQA médio nos pontos de amostragem.**

PARÂMETROS	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,8	4,2	4,4	4,0	4,0
Coliformes fecais (NMP/100mL)	11000	2100	280	150	110
pH	5,5	5,5	5,5	5,4	5,5
DBO (mg/L)	3,228	4,518	30,50	43,0	78,25
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )	0,456	0,520	1,409	2,218	3,425
Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> )	0,029	0,071	0,048	0,060	0,090
Variação temperatura (°C)	21,75	22,00	22,31	22,75	22,88
Turbidez (UNT)	12,00	17,5	25,25	27,75	42,50
Sólidos totais (mg/L)	32,25	25,5	40,25	42,0	43,75
Cloreto (mg/L)	3,39	4,49	22,61	33,77	41,86
<b>IQA</b>	<b>56</b>	<b>54</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>48</b>
<b>Nível de Qualidade</b>	<b>Médio</b>	<b>Médio</b>	<b>Médio</b>	<b>Ruim</b>	<b>Ruim</b>

A diminuição do Índice de Qualidade da Água - IQA - das amostras de água do rio Uberabinha de montante a jusante do município de Uberlândia ficou evidenciada nesses resultados. Valores elevados da concentração de coliformes foram observados em todos os pontos de amostragem desse estudo.

## CONCLUSÕES

Em relação aos dados encontrados nessa pesquisa, a contaminação das águas do Rio Uberabinha pelo uso e ocupação do solo na cidade de Uberlândia fica evidenciada. Podendo-se constatar que os três últimos pontos de coleta foram os que apresentaram parâmetros com valores superiores aos estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

O quinto ponto de amostragem, a jusante do município, foi o que apresentou a maior quantidade de parâmetros acima do valor estabelecido. A concentração de nitrogênio amoniacal obtida nas amostras de água foi maior do que o valor estabelecido pela resolução, no quinto ponto de amostragem em todas as campanhas realizadas, promovendo o enquadramento da água do Rio Uberabinha neste trecho analisado em Classe 3 como estabelecido pela legislação.

A concentração de ferro encontrada nas amostras de água foi superior ao valor estabelecido para o enquadramento das águas doces de Classe 2, na maioria dos pontos amostrados em todas as campanhas realizadas. Enquanto que a concentração de alumínio no segundo, terceiro e quinto pontos de amostragem, na segunda e terceira campanhas, foi superior ao valor estabelecido para águas doces Classe 3. Foram observadas elevadas concentrações de alumínio e ferro nos pontos de amostragem. Em relação ao alumínio, os valores obtidos apresentaram-se elevados nas três primeiras campanhas, decaindo significativamente na quarta campanha.

Os resultados dos bioensaios realizados neste estudo demonstraram o aumento da presença de micronúcleos, na espécie psícolá analisada, à medida que as águas do Rio Uberabinha percorrem o município de Uberlândia, de montante para jusante, conforme o aumento da numeração dos pontos de amostragem de um a cinco. A grande utilização de peixes como bioindicadores, deve-se a capacidade que eles possuem de expressar a toxicidade como os grandes vertebrados, podendo assim, atuarem como bioindicadores dos potenciais carcinogênicos e teratogênicos em humanos. Evidencia-se nesta pesquisa, que o aumento de micronúcleos



induzido por mutações nas células sanguíneas dos peixes é um indicio de que a qualidade da água do Rio Uberabinha está comprometida e que não são os metais analisados os responsáveis por esta contaminação, nos pontos de coletas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. LEIS, DECRETOS. Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005. Brasília - DF. Diário da União nº. 53, p. 58-63 de 18 de março de 2005.
2. GRISOLIA C, K., RIVERO C. L. G., STARLING F. L. R. M, SILVA I. C. R., BARBOSA A. C., DOREA J. G. Profile of micronucleus frequencies and DNA damage in different species of fish in a eutrophic tropical lake. *Genetics and Molecular Biology* 32:138-143. 2009.
3. MARKERT B. Distribution and biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment. In: Schüürmann G, Markert, B. (Ed.). *Ecotoxicology*, John Wiley and Sons, Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, p. 166-222. 1998.
4. MATSUMOTO, S. T.; MANTOVANI, M. S.; MALAGUTTI, M. I. A.; DIAS, A. L.; FONSECA, I. C.; MARIN-MORALES, M. A. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. *Genetics and Molecular Biology* 29(1): 148-158. 2006.
5. SCHULZ, U. H.; LEUCHTENBERGER, C. Activity patterns of South American silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Brazilian Journal of Biology* 66(2A): 565-574. 2006.
6. SEPLAMA – Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente de Uberlândia. Banco de Dados Integrados. Vol. 1. 2013.
7. VASCONCELOS, M. G. Avaliação integrada da qualidade da água do Rio Uberabinha - MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécimes da ictiofauna. Tese Doutorado em Química - Programa Multi-institucional de Doutorado em Química da UFG/UFMS/UFU. 188 p. 2012.