



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Raul Santos Alves

USO DE PEIXE COMO BIOINDICADOR DE POLUIÇÃO  
AQUÁTICA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BAHIA

Itapetinga  
Bahia  
Fevereiro - 2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

USO DE PEIXE COMO BIOINDICADOR DE POLUIÇÃO  
AQUÁTICA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BAHIA

Autor: Raul Santos Alves  
Orientadora: Cláudia Maria Reis Raposo Maciel  
Coorientador: Alaor Maciel Júnior

"Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento"

Itapetinga  
Bahia  
Fevereiro - 2017

628.16 Alves, Raul Santos  
A482u      Uso de peixe como bioindicador de poluição aquática do rio Catolé Grande, Bahia. / Raul Santos Alves. – Itapetinga, BA: UESB, 2017. 68fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento. Sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Cláudia Maria Reis Raposo Maciel e coorientação do Prof. D.Sc. Alaor Maciel Júnior.

1. Peixe – Biomarcador – Brânquias - Micronúcleo. 2. Poluição aquática – Citotoxicidade - Genotoxicidade. 3. Rio Catolé Grande - Bahia. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, *Campus* de Itapetinga. II. Maciel, Cláudia Maria Reis Raposo. III. Maciel Júnior, Alaor. IV. Título.

**CDD(21): 628.16**

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Peixe – Biomarcador – Brânquias - Micronúcleo
2. Poluição aquática – Citotoxicidade - Genotoxicidade
3. Rio Catolé Grande - Bahia

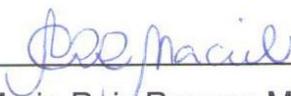
RAUL SANTOS ALVES

**“USO DE PEIXE COMO BIOINDICADOR DE POLUIÇÃO AQUÁTICA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BAHIA”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Itapetinga, BA. Área de Concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Aprovada em: 22/02/2017

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profª. Drª. Cláudia Maria Reis Raposo Maciel (Orientadora/UESB)



---

Profª. Drª. Flávia Mariani Barros (UESB)



---

Profª. Drª. Ana Paula Lima do Couto Santos (UESB)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela dádiva da vida, e por estar presente em todos os momentos, sempre me ajudando a manter a fé nos momentos mais difíceis.

À minha família pelo apoio, compreensão, ensinamentos, e incentivo, que se doaram muitas vezes para que eu pudesse estar realizando meus sonhos.

Aos meus professores e orientadores, Cláudia e Alaor, pelos ensinamentos, paciência, dedicação e exemplos de vida.

Aos colegas do grupo de pesquisa Núcleo de Estudos de Organismos Aquáticos (NEOAQUA), pelo apoio e contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por toda a estrutura e auxílio prestados.

Aos companheiros de coleta, Francisco e José Carlos, sem a qual ajuda seria impossível a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço à todos que contribuíram, de forma direta ou indiretamente e não foram citados, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Biomonitoramento ambiental.....	3
2.2 Qualidade de água.....	4
2.3 Peixes como bioindicadores.....	6
2.4 Teste do micronúcleo.....	7
2.5 O rio Catolé Grande.....	8
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
CAPÍTULO I - ALTERAÇÕES NUCLEARES NOS PEIXES, EM DECORRÊNCIA DA POLUIÇÃO AQUÁTICA.....	17
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
METODOLOGIA.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÃO.....	25
AGRADECIMENTOS.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

CAPÍTULO II - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E HISTOPATOLOGIA BRANQUIAL DE PEIXES, NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	28
RESUMO.....	29
ABSTRACT.....	29
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. METODOLOGIA.....	31
2.1 Estimativa dos parâmetros físico-químicos da água.....	32
2.2 Coletas de peixes e processamento histológico das brânquias.....	33
2.3 Análise estatística dos parâmetros físico-químicos da água.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1 Parâmetros físico-químicos da água.....	34
3.2 Análise histopatológica das brânquias.....	38
4 CONCLUSÃO.....	39
5 AGRADECIMENTOS.....	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	44

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Página

<b>Tabela 1</b>	Média, desvio padrão e resultado do teste de Mann-Whitney na comparação dos trechos 1 e 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, em relação a ocorrência de micronúcleos (MN).....	23
<b>Tabela 2</b>	Média, desvio padrão e resultado do teste de Mann-Whitney na comparação dos trechos 1 e 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, em relação a ocorrência de alterações morfológicas nucleares (AMN).....	24

### CAPÍTULO II

Página

<b>Tabela 1</b>	Resultado da análise de variância (teste F) e do teste de Tukey, para comparação de médias dos parâmetros físico-químicos da água, nos trechos de amostragem no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, em 2016 [temperatura da água (T), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NH <sub>3</sub> -N), nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N), fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), fósforo (P), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).....	34
-----------------	--	----

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

	Página
<b>Figura 1</b> Localização dos trechos que compreendem os locais de coleta no rio Catolé Grande, Itapetinga, BA.....	21
<b>Figura 2</b> Fotos de microscopia óptica do micronúcleo e alterações morfológicas nucleares encontradas nas amostras de sangue dos peixes coletados no rio Catolé Grande, Itapetinga, BA, sendo a: célula com micronúcleo, b: alteração nuclear <i>Notched</i> , c: alteração nuclear <i>Blebbed</i> , d: alteração nuclear <i>Lobed</i> .....	23

### CAPÍTULO II

	Página
<b>Figura 1</b> Localização dos trechos que compreendem os locais de coleta de água e peixes, no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA.....	31
<b>Figura 2</b> Análise das brânquias dos peixes amostrados no trecho 1 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, a: <i>Astronotus crassipinnis</i> , b: <i>Geophagus brasiliensis</i> , c: <i>Oreochromis niloticus</i> .....	38
<b>Figura 3</b> Alterações morfológicas branquiais encontradas nos peixes amostrados no trecho 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, a: hiperplasia, b: fusão lamelar, c: aneurisma.....	38

## RESUMO

Este trabalho foi realizado no rio Catolé Grande, no município de Itapetinga, BA, com o objetivo de verificar as alterações provocadas nos peixes, em decorrência da poluição aquática. Foram realizadas coletas de água e peixes em dois trechos do rio, selecionados mediante avaliações visuais dos aspectos de preservação e degradação ambiental, sendo o trecho 1 considerado menos impactado por ações antrópicas, em comparação com o trecho 2. A metodologia empregada neste estudo, incluiu avaliações dos parâmetros físico-químicos da água, teste do micronúcleo, alterações morfológicas nucleares nos eritrócitos e histopatologia branquial dos peixes. Os resultados observados indicaram o comprometimento da água nos dois trechos estudados, os níveis obtidos em relação a alguns parâmetros avaliados, estavam em desacordo com a Resolução do CONAMA 357/2005, para rios de classe 2. Na análise do teste do micronúcleo, os peixes coletados no trecho 2 apresentaram uma maior ocorrência de micronúcleos. Não houve diferença significativa em relação às alterações morfológicas nucleares encontradas nos peixes coletados nos trechos 1 e 2 do rio. Na análise histopatológica das brânquias, somente os peixes coletados no trecho 2 apresentavam lesões branquiais. Tais resultados permitiram inferir que as ações antrópicas estão afetando a qualidade da água do rio, principalmente o trecho 2, onde, o agravamento das condições atuais, pode comprometer a sobrevivência dos peixes presentes no rio.

Palavras-chave:

(1)Biomarcador, (2)Brânquias, (3)Citotoxicidade, (4)Genotoxicidade, (5)Micronúcleo.

## ABSTRACT

This work was carried out in the Catolé Grande river, in the city of Itapetinga, Bahia, Brazil, in order to verify the changes caused in the fish, due to the aquatic pollution. Water and fish collections were collected in two sections of the river, selected through visual evaluations of environmental preservation and degradation aspects, with section 1 being considered to be less impacted by anthropic actions compared to section 2. The methodology used in this study included evaluations of the physicochemical parameters of water, micronucleus test, nuclear morphological alterations in erythrocytes and fish branchial histopathology. The observed results indicated the water compromise in the two sections studied, the levels obtained in relation to some parameters evaluated, were in disagreement with CONAMA Resolution 357/2005, for rivers of class 2. In the analysis of the micronucleus test, the fish collected in section 2 presented a higher occurrence of micronucleus. There was no significant difference in relation to the nuclear morphological alterations found in the fish collected in sections 1 and 2 of the river. In the histopathological analysis of the gills, only the fish collected in section 2 presented branchial lesions. These results allowed to infer that the anthropic actions are affecting the water quality of the river, mainly the stretch 2, where, the worsening of the current conditions, can compromise the survival of the fish present in the river.

Keywords:

(1)Biomarker, (2)Gills, (3)Cytotoxicity, (4)Genotoxicity, (5) Micronucleus.

## 1 INTRODUÇÃO

O rio Catolé Grande é a fonte primordial de água doce para as populações das cidades de Itapetinga, Caatiba e Barra do Choça, suprindo as necessidades hídricas das comunidades rurais e urbanas dos municípios, além disso, é utilizado para pesca, lazer, limpeza de objetos e outras atividades, sendo de grande importância para a sociedade local (BARRETO; ROCHA; OLIVEIRA, 2009).

A ocupação urbana ao longo da bacia hidrográfica, traz consequências para os ecossistemas aquáticos, provocando alterações nos padrões de escoamento, aumento no transporte de sedimentos e poluentes para o rio (RIGHETTO, 2009). De acordo com Santos et al. (2013), a expansão acelerada das cidades e indústrias, promove impactos significativos sobre os recursos hídricos, através da remoção da mata ciliar, construção de barragens ou canalização dos cursos de água.

A vegetação presente nas margens do rio, desempenha importantes funções na manutenção dos ecossistemas, auxiliando na transferência de energia ao ambiente aquático, proteção e na troca de matéria orgânica entre os dois ambientes (CASSATI, 2010).

Segundo Ferreira e Casatti (2006), as ações antrópicas ocasionam impactos ambientais tanto para a fauna quanto para a flora constituintes dos rios, afetando diretamente o habitat das espécies e os recursos utilizados pelas mesmas.

De acordo com Marinho et al. (2006), os corpos aquáticos de diversas regiões do mundo, vêm apresentando uma significativa redução na diversidade de peixes nativos, devido a degradação de seus habitats e introdução de espécies exóticas.

Segundo Pinto (2013), o rio Catolé Grande sofre constantes agressões, recebendo efluentes urbanos sem tratamento, que comprometem a qualidade da água do rio e possivelmente diminui a diversidade de peixes. Barreto et al. (2014), reforçaram esta ideia, destacando que o transporte de efluentes residenciais e industriais, e também parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas, têm levado os meios hídricos a uma condição de desequilíbrio.

Oost, Beyer e Vermeulen (2003) destacaram a frequência cada vez mais elevada de compostos químicos estranhos entrando em ambientes aquáticos, chamados genericamente de xenobióticos, que têm desestabilizado a dinâmica dos ecossistemas.

De acordo com Farage et al. (2010), substâncias poluidoras em concentrações elevadas no ambiente aquático, podem comprometer os diversos usos da água, ocasionar mudanças nos nutrientes e prejudicar os organismos presentes no ambiente.

A contaminação dos rios é baseada na presença de substâncias potencialmente nocivas na água, a determinação da presença e concentração destes elementos, tem sido fundamentada quase que exclusivamente em avaliações físico-químicas (PIANCINI, 2008).

Segundo Moraes (2000), a utilização de bioindicadores em avaliações ambientais, complementam os resultados obtidos através de avaliações físico-químicas, evidenciando a resposta dos organismos, em razão das mudanças ocorridas no ambiente.

Os peixes são sensíveis a distúrbios no ambiente aquático, podendo apresentar alterações nos diversos níveis de organização biológica, em decorrência de alterações físico-químicas da água e poluentes orgânicos ou inorgânicos presentes no meio (FREITAS e SIQUEIRA-SOUZA, 2009).

Huggett et al. (1992) destaca a utilização de biomarcadores como indicadores bioquímicos, fisiológicos e histológicos, para avaliação dos efeitos provocados por contaminantes químicos. Além de servirem para verificar o estado de saúde dos organismos, destaca-se a utilização de biomarcadores como alertas de risco ambiental (PAYNE et al., 1987).

Diante dos aspectos apresentados, o objetivo deste trabalho foi utilizar peixes como bioindicadores de poluição aquática, em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, a fim de evidenciar os danos provocados aos organismos, por consequência da degradação da qualidade da água.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Biomonitoramento ambiental

Com o avanço de novas tecnologias e elaboração de novos produtos, a sociedade moderna produz cada vez mais substâncias que acarretam malefícios aos ecossistemas, nos quais os organismos afetados podem alertar sobre riscos existentes no ambiente (PINHATTI et al., 2006).

De acordo com Arias et al. (2008), as comunidades que respondem à poluição ambiental, sofrem alterações das suas funções vitais e acabam acumulando toxinas, tais organismos podem ser empregados como bioindicadores de contaminação. São atuantes como fatores bióticos que apresentam efeitos reais do que está ocorrendo com os seres vivos no local ao qual estão inseridos (ARIAS et al., 2007).

Os dados obtidos a partir de programas de monitoramento ambiental, podem contribuir efetivamente para uma estimativa de tendências referentes a qualidade dos ecossistemas, favorecendo o estabelecimento de ações de proteção ao ambiente (CARVALHO, 2003).

Devido as ações antrópicas, muito são os problemas ambientais relacionados aos rios, lagos e reservatórios, prejudicando a qualidade da água e os organismos aquáticos (BELLOTO et al., 2005; BENINCÁ, 2006; MONTEIRO; OLIVEIRA; GODOY, 2008) ou até mesmo os organismos que vivem em transição entre ambientes terrestres e aquáticos (HERRERA, 2011).

A utilização de parâmetros biológicos para avaliar a qualidade da água se baseia na resposta dos organismos em relação ao ambiente no qual ele está inserido (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). Organismos utilizados em programas de monitoramento ambiental, podem contribuir com informações a respeito da exposição acumulativa, respostas aos efeitos letais e subletais, como também seus efeitos indiretos (BROMENSHENK et al., 1995).

Segundo Callisto e Esteves (1998), avaliações biológicas devem ser incluídas em avaliações ambientais, por corresponder a mudanças em comunidades já estabelecidas, por consequência das ações antrópicas.

O monitoramento biológico tem recebido atenção principalmente de pesquisadores voltados às áreas de ecologia e toxicologia, onde as respostas obtidas, além de indicar os danos provocados ao ambiente, podem proporcionar indicações seguras de quais organismos estão sob estresse (MORAES, R.; DELITTI; MORAES, J., 2000).

Segundo Benincá (2006), os peixes podem ser utilizados em avaliações de impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos, sendo considerados potenciais bioindicadores, devido a sua sensibilidade aos contaminantes existentes no ambiente.

Monteiro, Oliveira e Godoy (2008), em estudos de biomonitoramento ambiental utilizando macroinvertebrados bentônicos, observaram mudanças na estrutura e composição dos mesmos, quando submetidos a alterações ambientais, destacando o potencial bioindicador de qualidade de água destes organismos.

De acordo com Pinhatti et al. (2006), metodologias empregadas em pesquisas de biomonitoramento ambiental, além de evidenciarem mudanças ocorridas no estado original do ambiente, destacam o risco aos quais os organismos estão expostos.

No experimento realizado por Guecheva, Henriques e Erdtmann (2001), relacionado a avaliação do potencial toxicológico e genotóxico do sulfato de cobre em planárias, destacou que a espécie *Dugesia schubarti*, pode ser empregada no monitoramento de efeitos genotóxicos induzidos por agentes químicos no ambiente aquático.

Desde que gerem uma resposta às variações ambientais, organismos suscetíveis a contaminantes, podem ser empregados em pesquisas de biomonitoramento ambiental (BENINCÁ, 2006; PINHATTI et al., 2006; MONTEIRO; OLIVEIRA; GODOY, 2008). Uma avaliação ambiental derivada de pesquisas limnológicas, proporciona a aquisição de informações necessárias para o estabelecimento de sistemas de prevenção e identificação precoce de problemas relacionados com a água (TUNDISI, 1991).

## 2.2 Qualidade de água

A preservação dos corpos hídricos de áreas naturais depende de diversos fatores ambientais, que incluem: variações climáticas, geologia, fisiologia, solos e a vegetação que compõe a bacia hidrográfica (ARCOVA e CICCIO, 1999).

As ações antrópicas que causam a degradação dos recursos naturais, podem promover alterações na água e trazer consequências tanto para os organismos aquáticos quanto à saúde humana (MARCHESAN et al., 2009).

Segundo Carvalho, Schlittler e Tornisielo (2000), o desmatamento da vegetação nativa para implementação de áreas voltadas à agricultura e pecuária, pela necessidade de espaço físico necessário para o desenvolvimento de tais atividades, acabam prejudicando os corpos hídricos que dependem da mata ciliar.

Em áreas agrícolas onde ocorre a utilização de fertilizantes, herbicidas e pesticidas, destaca-se as alterações físicas, químicas e biológicas da água, provocadas pelo uso do solo (ARCOVA e CICCIO, 1999). Pelo fato do solo ficar exposto à lixiviação, que durante a precipitação, conduzem as substâncias para áreas mais baixas, que em geral convergem para rios e lagos (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000).

Existe um risco de contaminação dos cursos d'água que estão localizados próximos às áreas de exploração agropecuária, principalmente em relação ao aumento nos níveis de fósforo e nitrogênio, ocasionando problemas de eutrofização e proliferação de plantas aquáticas (CHAU, 2007).

Segundo Silva e Camargo (2008), a proliferação exagerada de macrófitas, promove o sombreamento da coluna d'água, prejudicando a penetração de luz no ambiente aquático e comprometendo as trocas gasosas realizadas pelos fitoplânctons, influenciando na disponibilidade de oxigênio na água.

De acordo com Melo, Silva e Miranda (2005), os efluentes domésticos e industriais, podem apresentar elevadas concentrações matéria orgânica, sendo um dos principais fatores responsáveis pela redução do oxigênio dissolvido em corpos hídricos receptores de efluentes urbanos.

A decomposição da matéria orgânica realizada por bactérias aeróbicas, contribui para a diminuição oxigênio dissolvido, pelo fato de utilizarem este gás em seus processos metabólicos, sendo a proliferação acelerada destas bactérias, um dos principais problemas que interfere na qualidade da água (SMITH e SCHINDLER, 2009).

A baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido exerce uma pressão seletiva nas espécies de peixes que compõe os ecossistemas aquáticos, devido à necessidade de adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, para sobreviverem em ambientes hipóxicos (ANJOS; OLIVEIRA; ZUANON, 2008).

Outro fator relevante na sobrevivência, crescimento e desenvolvimento dos peixes, está relacionado com as variações de pH na água, que podem provocar mortalidade dos ovos,

produzir alterações histológicas que influenciam no crescimento e desenvolvimento dos peixes (FERREIRA; NUÑER; ESQUIVEL, 2001).

De acordo com Rodriguez (1998), os processos de urbanização e industrialização, ocasionam alterações ambientais consideráveis na bacia hidrográfica e nos corpos hídricos que a compõe. Em estudos realizados por Robaina, Formoso e Pires (2002), elementos químicos que integram os efluentes industriais, podem produzir efeitos nocivos aos organismos vivos.

### 2.3 Peixes como bioindicadores

O crescimento populacional e os avanços tecnológicos associados ao aumento na geração de produtos químicos como fertilizantes, inseticidas e herbicidas, têm levado a uma expansão dos compostos xenobióticos no ecossistema aquático (JESUS e CARVALHO, 2008).

Muitos compostos orgânicos e substâncias tóxicas podem se acumular nos organismos vivos, por meio de sua alocação em tecidos e órgãos, podendo ocorrer biomagnificação destas substâncias ao longo da cadeia alimentar (LEMOS e TERRA, 2003). Substâncias com elevado grau de toxicidade, podem ocasionar efeitos deletérios aos organismos (DALLINGER e RAIMBOW, 1993).

Os ecossistemas aquáticos são geralmente vulneráveis a contaminação, sendo diversas as fontes de poluição, como efluentes industriais, processos de drenagem agrícola, despejos acidentais e não acidentais de produtos químicos e lixo domiciliar, que alcançam rios e mares e contaminam estes ambientes (RASHED, 2001).

Segundo Lins et al. (2010), ao avaliar a utilização de peixes em estudos de impacto ambiental, destaca-se o emprego de métodos histológicos como ferramentas sensíveis na verificação de efeitos tóxicos diretos e indiretos que acometem os tecidos dos animais.

De acordo com Miron et al. (2008), variações nos níveis de pH e amônia, podem provocar alterações nas brânquias dos peixes, que prejudicam as trocas gasosas e conseqüentemente a via para obtenção de energia destes organismos.

No estudo histopatológico realizado por Benincá (2006), compostos tóxicos presentes na água, podem provocar lesões agudas e crônicas no fígado dos peixes. Albinati et al. (2009) e Camargo e Martinez (2007), consideram o fígado, como um dos órgãos mais afetados pelos contaminantes presentes na água, sendo considerado um ótimo biomarcador.

Outro órgão comumente utilizado como biomarcador de poluição ambiental da água, é o rim do peixe, onde a degeneração dos túbulos e mudanças nos corpúsculos presentes no rim, podem estar relacionados com os contaminantes na água (TAKASHIMA e HIBYA, 1995).

Nos estudos realizados Camargo e Martinez (2007), as lesões histopatológicas no fígado, brânquias e rins dos peixes provocadas por agentes contaminantes na água, não sofreram influência significativa da variação sazonal, sendo assim, úteis na verificação de ambientes poluídos.

De acordo com Porto, Araujo e Feldberg (2005), as estruturas que compõe o tecido sanguíneo, podem apresentar alterações em razão dos poluentes ambientais. Segundo Pamplona (2009), substâncias farmacológicas e outros poluentes aquáticos lançados nos rios, promovem danos ao material genéticos e discrasias sanguíneas.

Como os biomarcadores possuem especificidades distintas e em ambientes aquáticos diversos contaminantes podem ser encontrados, faz-se necessário a utilização de uma bateria de bioindicadores, a fim de tornar mais eficaz a avaliação e melhor compreender os resultados (FREIRE et al., 2008).

## 2.4 Teste do micronúcleo

Segundo Mitchelmore e Chipman (1998), a genotoxicidade é a capacidade de uma substância tóxica provocar danos a molécula de DNA. Espécies que apresentam alterações das suas características nucleares em decorrência de substâncias tóxicas presentes no meio, podem ser utilizadas como bioindicadoras de poluição ambiental. (KARPOVA et al., 2006).

Existe a possibilidade do micronúcleo se originar de forma natural nas células (HEDDLE et al., 1983). Podendo estar relacionados com fatores internos como predisposição genética, exposição hormonal e idade (FERIGOLO e SAGRILLO, 2013).

Os micronúcleos e alterações nucleares, podem ser induzidos por agentes mutagênicos, sendo útil na verificação do potencial genotóxico das substâncias e dos danos provocados aos organismos (HEDDLE et al., 1983).

Os peixes podem ser empregados em avaliações de toxicológicas, uma vez que oferecem informações relevantes para compreensão das relações de genotoxicidade e mutagenicidade entre ambiente e organismo (MASCHIO, 2009).

Os micronúcleos são massas de cromatinas citoplasmáticas com aspectos nucleares, originários da fragmentação cromossômica ou por cromossomos retardados durante a migração anafásica (JESUS e CARVALHO, 2008).

O teste do micronúcleo é um estudo a nível celular, que permite observar lesões no material genético dos organismos (JESUS e CARVALHO, 2008). Observando o aumento da ocorrência de mutação em células, acarretada por uma exposição aos agentes genotóxicos (CARVALHO et al., 2002).

É considerada uma metodologia relativamente simples, barata e de rápidos resultados sobre efeitos de mutagenicidade, é feita mediante técnicas simples de coloração celular e observação em microscópio óptico (AYLLON e GARCIA-VAZQUEZ, 2000).

Segundo Gonçalves (2015), durante a observação dos eritrócitos, para ser considerado micronúcleo, o mesmo deve estar separado do núcleo principal da célula, apresentando bordas distinguíveis e com a mesma refringência do núcleo principal. Como o próprio nome já insinua, estes possuem dimensões inferiores ao núcleo principal (SCHMID, 1975).

Além dos micronúcleos, alterações na morfologia e no envoltório nuclear podem ser observadas e analisadas, pois são ocasionados por efeito de substâncias químicas presentes na água (MASCHIO, 2009). Carrasco et al. (1990), observaram essas alterações morfológicas em eritrócitos de peixes, onde as lesões foram classificadas em: (1) *Blebbid*: núcleo com uma pequena evaginação da membrana nuclear, onde o tamanho pode variar de pequenas evaginações a estruturas similares a micronúcleos, porém ligadas ao núcleo principal; (2) *Lobed*: núcleos com evaginações mais largas, sua estrutura não é bem definida, o núcleo pode apresentar várias dessas estruturas; (3) *Vacuolated*: estruturas similares a vacúolos no seu interior, onde não apresentam qualquer material visível no seu interior; e (4) *Notched*: núcleos que apresentam uma rachadura bem definida, provavelmente possuem delimitação pela membrana nuclear.

## 2.5 O rio Catolé Grande

O rio Catolé Grande tem sua nascente localizada no município de Barra do Choça, passando pela cidade de Itapetinga e desaguando no rio Pardo, tendo os riachos do Saquinho, da Anta Podre e do Guingó como seus formadores (PINTO, 2013).

O povoamento da região na qual a bacia do rio Catolé Grande está localizada, aconteceu em meados do século XVIII, e a partir do século XX com a expansão da atividade agropecuária, fortes modificações ocorreram ao longo da bacia (LIMA e PINTO, 2011).

Cerca de 74,3% das terras dos municípios que compõe a bacia do rio Catolé são formadas por pastagens, a implantação do polo cafeeiro em Barra do Choça junto com a criação de pastos, influenciaram significativamente a substituição das florestas por culturas (LIMA e PINTO, 2011).

De acordo com Santos et al. (2013), em estudos de monitoramento ambiental do rio Catolé Grande, os elevados níveis de nitrato e fósforo obtidos, podem estar associados com as atividades agropecuárias na região. Segundo Pinto (2013), não somente as atividades agropecuárias, mas também o desenvolvimento urbano e o processo de industrialização, contribuíram para a modificação das condições naturais do rio.

Barreto, Rocha e Oliveira (2009), evidencia a necessidade de investimento em tratamento de águas residuárias que atingem o rio Catolé Grande, como também a recuperação da mata ciliar, pois as ações antrópicas estão degradando a qualidade da água do rio.

Existem poucos estudos relacionados aos organismos aquáticos presentes no rio Catolé Grande, o trabalho de Pinto (2013), destaca-se por apresentar um estudo voltado à caracterização da ictiofauna que compõe o rio, onde foram encontradas 50 espécies distintas de peixes.

Os capítulos a seguir foram elaborados segundo as normas da revista "O Mundo da Saúde" e "Desenvolvimento e Meio Ambiente", respectivamente.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINATI, A. C. L.; MOREIRA, E. L. T.; ALBINATI, R. C. B.; CARVALHO, J. V.; LIRA, A. D.; SANTOS, G. B.; VIDAL, L. V. O. Biomarcadores histológicos - toxicidade crônica pelo Roundup em piauçu (*Leporinus macrocephalus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 3, p. 621-627, 2009.

ANJOS, M. B.; DE OLIVEIRA, R. R.; ZUANON, J. Hypoxic environments as refuge against predatory fish in the Amazonian floodplains. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 1, p. 45-50, 2008.

ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 125-134, 1999.

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

ARIAS, A. R. L.; VIANA, T. A. P.; INÁCIO, A. F. Utilização de bioindicadores como ferramentas de monitoramento e avaliação ambiental: o caso de recursos hídricos. **Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana-CESTEH & Fundação Oswaldo Cruz-FIOCRUZ**. Rio de Janeiro, 2008.

AYLLON, F.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Induction of micronuclei and other nuclear abnormalities in European minnow *Phoxinus phoxinus* and mollie *Poecilia latipinna*: an assessment of the fish micronucleus test. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 467, n. 2, p. 177-186, 2000.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Estado trófico em uma seção do rio Catolé Grande sob diferentes níveis de vazão. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 2, p. 250-260, 2014.

BARRETO, L. V.; ROCHA, F. A.; OLIVEIRA, M. S. C. Monitoramento da qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio Catolé, em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 5, n. 8, 2009.

BELLOTO, V. R.; DE BRITO, P. C.; MANZONI, G.; WEGNER, E. Biomonitoramento ativo de metais traço e efeito biológico em mexilhões transplantados para área de influência de efluente de indústria de beneficiamento de aço - fase 1. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 33-37, 2005.

BENINCÁ, C. **Biomonitoramento das lagoas estuarinas do Camacho - Jaguaruna (SC) e Santa Marta - Laguna (SC); utilizando *Geophagus brasiliensis* (Cichlidae)**. 2006, 112 f. Dissertação (Mestrado em Genética) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

BROMENSHENK, J. J.; SMITH, G. C.; WATSON, V. J. Assessing ecological risks in terrestrial systems with honey bees. **Environmental Science Research**, v. 50, p. 9-30, 1995.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação de qualidade de água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. Biomonitoramento da macrofauna bentônica de Chironomidae (Diptera, Insecta) em dois igarapés amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. **Oecologia Brasiliensis**, v. 5, p. 299-309, 1998.

CAMARGO, M. M. P.; MARTINEZ, C. B. R. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 3, p. 327-336, 2007.

CARRASCO, K. R.; TILBURY, K. L.; MYERS, M. S. Assessment of the piscine micronucleus test as an in situ biological indicator of chemical contaminant effects. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, n. 11, p. 2123-2136, 1990.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CARVALHO, M. B.; RAMIREZ, A.; GILKA, J. F.; GATTÁS, A. L. G.; AMAR, A.; RAPOPORT, A.; NETO, J. C. B.; CURIONI, O. A. Correlação entre a evolução clínica e a frequência de micronúcleos em células de pacientes portadores de carcinomas orais e da orofaringe. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 317-22, 2002.

- CARVALHO, M. C. **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no estado de São Paulo**. 2003, 167 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- CASSATI, L. Alterações no código florestal brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 31-34, 2010.
- CHAU, K. W. Integrated water quality management in Tolo Harbour, Hong Kong: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 1568-1572, 2007.
- DALLINGER, R.; RAIMBOW, P. S. **Ecotoxicology of metals in invertebrates**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.
- FARAGE, J. A.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; BORGES, A. C. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do rio Pomba. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, n. 4, p. 322-329, 2010.
- FERIGOLO, P. C.; SAGRILLO, M. R. Genotoxicidade relacionado ao consumo de chimarrão. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2013.
- FERREIRA, A. A.; NUÑER, A. P. O.; ESQUIVEL, J. R. Influência do pH sobre ovos e larvas de jundiá, *Rhamdia quelen* (Osteichthyes, Siluriformes). **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 23, p. 477-481, 2001.
- FERREIRA, C. P.; CASSATI, L. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006.
- FREIRE, M. M.; SANTOS, V. G.; GINUINO, I. S. F.; ARIAS, A. R. L. Biomarcadores na avaliação da saúde ambiental dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 347-354, 2008.
- FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K. O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da bacia amazônica. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 2, p. 39-45, 2009.
- GONÇALVES, H. L. S. **Diferença na frequência basal de micronúcleos e alterações morfológicas nucleares em eritrócitos de *Astyanax altiparanae*, *Geophagus brasiliensis*, *Piaractus mesopotamicus*, *Rhamdia quelen*, *Hoplias intermedius* e *Oreochromis niloticus***.

2015, 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GUECHEVA, T.; HENRIQUES, J. A. P.; ERDTMANN, B. Genotoxic effects of copper sulphate in freshwater planarian in vivo, studied with the single-cell gel test (comet assay). **Mutation Research**, v. 497, p. 19-27, 2001.

HEDDLE, J. A.; HITE, M.; KIRKHART, B.; MAVOURNIN, K.; MACGREGOR, J. T.; NEWELL, G. W.; SALAMONE, M. F. The induction of micronuclei as a measure of genotoxicity: A report of the US Environmental Protection Agency Gene-Tox Program. **Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology**, v. 123, n. 1, p. 61-118, 1983.

HERRERA, J. B. **Efeitos da heterogeneidade do ambiente, área e variáveis ambientais sobre anfíbios anuros em paisagem fragmentada de floresta atlântica**. 2011, 81 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2011.

HUGGETT, R. J.; UNGER, M. A.; SELIGMAN, P. F.; VALKIRIS, A. O. The marine biocide tributyltin: assessing and managing the environments risks. **Environmental Science & Technology**, v. 26, n. 2, p. 232-237, 1992.

JESUS, T. B.; CARVALHO, C. E. V. Utilização de biomarcadores em peixes como ferramenta para avaliação de contaminação ambiental por mercúrio (Hg). **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 680-693, 2008.

KARPOVA, S. S.; KALAEV, V. N.; ARTYUJHOV, V. G.; TROFIMOVA, V. A.; OSTASHKOVA, L. G.; SAVKO, A. D. The use of nucleolar morphological characteristics of birch seedlings for the assessment of environmental pollution. **Biology Bulletin**, v. 33, n. 1, p. 73-80, 2006.

LEMOS, C. T.; TERRA, N. R. Poluição: causas, efeitos e controle. **Genética toxicológica**, Porto Alegre: Alcance, 2003. 424 p.

LIMA, E. M.; PINTO, J. E. S. S. Bacia do Rio Catolé, Bahia-Brasil: Bases Geoambientais e socioeconômicas para a gestão da água e do solo. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, p. 469-484, 2010.

MARCHESAN, E. SARTORI, G. M. S.; REIMCHE, G. B.; AVILA, L. A.; ZANELLA, R.; MACHADO, S. L. O.; MACEDO, V. R. M.; COGO, J. P. Qualidade de água dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2009.

MARINHO, R. S. A.; SOUZA, J. E. R. T.; SILVA, A. S.; RIBEIRO, L. L. Biodiversidade de peixes do semi-árido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 112-121, 2006.

MASCHIO, L. R. **Avaliação potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico as águas do Rio Preto na área de influência da região de São José do Rio Preto/SP**. 2009, 208 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência Antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. **Caminhos de Geografia**, v.5, n. 16, p. 40-47, 2005.

MIRON, D. S.; MORAES, B.; BECKER, A. G.; CRESTANI, M.; SPANEVELLO, R.; LORO, V. L.; BALDISSEROTTO, B. Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae). **Aquaculture**, v. 277, n. 3, p. 192-196, 2008.

MITCHELMORE, C. L.; CHIPMAN, J. K. DNA strand breakage in aquatic organisms and the potential value of the comet assay in environmental monitoring. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 399, n. 2, p. 135-147, 1998.

MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G.; GODOY, B. S. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO. **Oecologia Australis**, v. 12, n. 3, p. 555-563, 2008.

MORAES, D. S. L. **Avaliação dos potenciais tóxico, citotóxico e genotóxico de águas ambientais de Corumbá-MS em raízes de *Allium cepa***. 2000, 158 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; MORAES, J. A. P. V. Respostas de indivíduos jovens de *Tibouchina pulchra* Cong. à poluição aérea de Cubatão, SP: fotossíntese líquida, crescimento e química foliar. **Revista Brasil Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 443-449, 2000.

OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, p. 57-149, 2003.

PAMPLONA, J. H. **Avaliação dos efeitos tóxicos da dipirona sódica em peixe *Rhamdia quelen*: Estudo Bioquímico, Hematológico e Histopatológico**. 2009, 70 f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009.

PAYNE, J. F.; FANCEY, L. L.; RAHIMTULA, A. D.; PORTER, E. L. Review and perspective on the use of mixed-function oxygenase enzymes in biological monitoring. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 86, n. 2. p. 233-245, 1987.

PIANCINI, L. D. **Biomonitoramento do rio Iguazu em dois pontos utilizando como bioindicador peixes do gênero *Astyanax* (Characiforme, Characidae)**. Monografia de conclusão de curso. Departamento de Genética. Universidade Federal do Paraná. 2008.

PINHATTI, V. R.; ALLGAYER, M. C.; BREYER, A. S.; PEREIRA, R. A.; SILVA, J. Determinação de danos basais no DNA de araras canidé (*Ara ararauna*) através do teste de micronúcleos: uma ferramenta na avaliação da saúde animal e seu uso no biomonitoramento da poluição ambiental. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 34, n. 3, p. 313-317, 2006.

PINTO, R. C. A. B. L. **Caracterização da ictiofauna do rio Catolé Grande no município de Itapetinga, BA**. 2013, 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2013.

PORTO, J. I. R.; ARAUJO, C. S.O.; FELDBERG, E. Mutagenic effects of mercury pollution as revealed by micronucleus test on three Amazonian fish species. **Environmental Research**, v. 97, n. 3, p. 287-292, 2005.

RASHED, M. N. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. **Environment International**, v. 27, n. 1, p. 27-33, 2001.

RIGHETTO, M. A. **Manejo de águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 369 p.

ROBAINA, L. E.; FORMOSO, M. L. L.; PIRES, C. A. F. Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental-Vale do Rio dos Sinos, RS. **Revista do Instituto Geológico**, v. 23, n. 2, p. 35-47, 2002.

RODRIGUEZ, F. A. Os caminhos das águas. **Agroanalysis**, v. 18, n. 3, p. 23-26, 1998.

SANTOS, Q. R.; FRAGA, M. S.; ULIANA, E. M.; REIS, A. S.; BARROS, F. M. Monitoramento da qualidade da água em uma seção transversal do rio Catolé Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1503-1519, 2013.

SCHMID, W. The micronucleus test. **Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects**, v. 31, n. 1, p. 9-15, 1975.

SILVA, G. G. H.; CAMARGO, A. F. M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 181-188, 2008.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 4, 2009.

TAKASHIMA, F.; HIBYA, T. **An atlas of fish histology: normal and pathological features**. 2nd ed. Tokyo, Kodansha, 1995.

TUNDISI, J. G. A importância do controle limnológico para o abastecimento de água. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE EUTROFIZAÇÃO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA, Brasília. **Anais...** Brasília: Caesb, p. 73-81, 1991.

CAPÍTULO I  
ALTERAÇÕES NUCLEARES NOS PEIXES, EM DECORRÊNCIA DA  
POLUIÇÃO AQUÁTICA

Título do artigo: Alterações nucleares nos peixes, em decorrência da poluição aquática

Autores: Raul Santos Alves\*, Cláudia Maria Reis Raposo Maciel\*\*, Alaor Maciel Júnior\*\*\*.

Qualificação de cada autor: Zootecnista e Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa\*\*\*, Bióloga e Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa\*\*, Biólogo e Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia\*.

Vínculo institucional: Professor Pleno, Departamento de Tecnologia Rural e Animal/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil\*\*\*, Professor Titular, Departamento de Ciências Exatas e Naturais/Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil\*\*, Mestrando em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil\*.

Endereço para correspondência e endereço eletrônico:

Nome: Raul Santos Alves

Endereço: Rua Fluminense, nº 291.

Bairro: Primavera

Cidade: Itapetinga - BA

CEP: 45700000

E-mail: raul.exp@hotmail.com

O manuscrito faz parte da dissertação de mestrado do autor Raul Santos Alves, intitulada "USO DE PEIXE COMO BIOINDICADOR DE POLUIÇÃO AQUÁTICA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BAHIA", apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017.

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

## **Alterações nucleares nos peixes, em decorrência da poluição aquática**

**Raul Santos Alves\***

**Cláudia Maria Reis Raposo Maciel\*\***

**Alaor Maciel Júnior\*\*\***

**Resumo:** Os impactos provocados aos ecossistemas aquáticos, tornam-se cada vez maiores à medida que o crescimento populacional e expansão urbana ampliam-se. A utilização de biomarcadores em avaliações ambientais, busca identificar os danos provocados aos organismos, em consequência da degradação ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nucleares nos peixes coletados em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA. O teste do micronúcleo e alterações morfológicas nucleares, foi utilizado na verificação das alterações nucleares que ocorrem nos eritrócitos dos peixes. Os peixes avaliados no trecho considerado mais degradado pelas ações antrópicas, apresentaram uma maior ocorrência de micronúcleos em comparação ao trecho menos impactado, desta forma, pode-se inferir que em locais receptores de efluentes urbanos, os efeitos genotóxicos dos poluentes são mais evidentes. Em relação aos efeitos citotóxicos, não houve diferença significativa entre os dois trechos. Conclui-se que os peixes estão respondendo aos efeitos de substâncias xenobióticas presentes na água, sendo a utilização de peixes como bioindicadores, úteis na verificação da qualidade da água, em casos de investigação de poluição ambiental

**Palavras-chave:** Citotoxicidade. Eritrócitos. Genotoxicidade. Micronúcleo.

## **Nuclear alterations in fish as a result of aquatic pollution**

**Raul Santos Alves\***

**Cláudia Maria Reis Raposo Maciel\*\***

**Alaor Maciel Júnior\*\*\***

**Abstract:** The impacts on aquatic ecosystems are increasing as population growth and urban sprawl increase. The use of biomarkers in environmental assessments, seeks to identify the damage caused to organisms as a result of environmental degradation. The objective of this work was to evaluate the nuclear alterations in the fish collected in two urban sections of the Catolé Grande river, in Itapetinga, BA. The micronucleus test and nuclear morphological alterations were used to verify nuclear alterations occurring in fish erythrocytes. The fish evaluated in the section considered more degraded by the anthropic actions, presented a higher occurrence of micronuclei in comparison to the less impacted section, in this way, it can be inferred that in local receptors of urban effluents, the genotoxic effects of the pollutants are more evident. Regarding the cytotoxic effects, there was no significant difference between the two sections. It is concluded that the fish are responding to the effects of xenobiotic substances present in the water, and the use of fish as bioindicators, useful in the verification of water quality, in environmental pollution investigation cases

**Keywords:** Cytotoxicity. Erythrocytes. Genotoxicity. Micronucleus.

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural importante para a realização de diversas atividades e o abastecimento público da população, sendo a sua disponibilidade e qualidade, fatores contribuintes para a realização das mesmas, e conseqüentemente para o desenvolvimento socioeconômico.

O crescimento populacional, a demanda por recursos e o avanço de novas tecnologias, têm estimulado o surgimento de novos produtos industriais, que ocasionam uma pressão negativa nos ecossistemas aquáticos, devido a incorporação de substâncias xenobióticas nestes ambientes<sup>1</sup>.

A contaminação dos recursos hídricos é resultante principalmente das ações antrópicas, através de descuidos com o solo, remoção da mata ciliar, lançamento de lixo e efluentes urbanos, despejos acidentais ou não acidentais de produtos químicos no ambiente aquático<sup>2</sup>. Os efluentes domésticos e industriais promovem a deterioração da qualidade da água, por meio de substâncias tóxicas que trazem conseqüências sérias à saúde humana e biota aquática<sup>3</sup>.

Organismos vivos estão constantemente expostos a agentes ambientais que podem ocasionar mudanças em seu material genético<sup>4</sup>. Os peixes são vulneráveis à contaminação do seu habitat e estão frequentemente em contato com diversos contaminantes ambientais, as respostas biológicas provocadas pelos poluentes, podem ser utilizadas na verificação de danos aos organismos<sup>5</sup>.

A utilização de peixes nos programas de biomonitoramento ambiental, é uma maneira antecipada de identificar os sinais de poluição aquática<sup>6</sup>. A avaliação do potencial genotóxico de substâncias xenobióticas no ambiente aquático, por meio do teste do micronúcleo, evidencia os danos provocados ao material genético dos organismos estudados<sup>1</sup>.

O teste do micronúcleo, baseia-se na observação e quantificação de células que apresentam uma pequena porção do ácido desoxirribonucleico (DNA), dissociado do núcleo principal da célula<sup>6</sup>. Os micronúcleos são originados de fragmentos cromossômicos acêntricos (efeito clastogênico) ou de cromossomos inteiros que não concluem a migração anafásica da divisão celular (efeito aneugênico)<sup>7</sup>.

A utilização deste teste, busca evidenciar o aumento na frequência de mutação em células, acarretada pela exposição aos agentes genotóxicos<sup>8</sup>. É possível destacar também as alterações morfológicas nucleares que ocorrem em células dos organismos avaliados, que sugerem indícios de modificações ocasionados por agentes citotóxicos<sup>9</sup>.

A utilização de bioindicadores com respostas ao nível celular, justifica-se pelo fato de permitirem reconhecer os danos primários ocasionados pela perturbação do ambiente, além de oferecer informações sobre a saúde dos organismos. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nucleares nos peixes coletados em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, em decorrência das substâncias xenobióticas presentes na água.

## METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado com a autorização do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), para atividades com finalidade científica, nº 52380-1, e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), registrada com o nº 129/2016.

As coletas dos peixes foram realizadas em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA (Figura 1), onde a escolha dos locais de coleta, foi feita mediante avaliações preliminares visuais dos aspectos de preservação e degradação do ambiente. Foi utilizado um aparelho de *Global Positioning System* (GPS), para georreferenciar os locais de coleta.

**Figura 1.** Localização dos trechos que compreendem os locais de coleta no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA (Fonte: <http://maps.google.com.br>).



O primeiro trecho, tem seu início próximo ao local de captação de água para abastecimento da população (coordenadas UTM: 8.314.947-S e 364.342-W) e término próximo ao Parque Zoobotânico da Matinha (coordenadas UTM: 8.315.015-S e 367.457-W). Foi possível observar a presença de lixo descartado de forma inadequada, margens do rio com poucas árvores, solo exposto e formação de barrancos em alguns pontos, caracterizando uma mata ciliar degradada.

O segundo trecho, tem seu início próximo a central de abastecimento da cidade (coordenadas UTM: 8.313.522-S e 366.466-W) e término após o trecho urbano e industrial da cidade (coordenadas UTM: 8.313.522-S e 364.466-W). Foi considerado o trecho mais impactado pela intervenção antrópica, apresentando margens erodidas, poucas árvores, despejo de efluentes urbanos, grande acúmulo de lixo e entulho no local.

As coletas dos peixes foram realizadas em abril de 2016, utilizando como métodos de captura: rede de arremesso e rede de barranco. Após coletados, os peixes foram transportados para o Laboratório de Biologia da UESB.

No laboratório foi feita a triagem e preparação dos peixes para os procedimentos de extração sanguínea. Foram utilizados 21 exemplares de peixes coletados no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, sendo 9 exemplares coletados no trecho 1 (6 *Astronotus crassipinnis*, 2 *Geophagus brasiliensis* e 1 *Oreochromis niloticus*) e 12 exemplares (*Oreochromis niloticus*) coletados no trecho 2.

Em seguida, os exemplares foram anestesiados individualmente de acordo com os procedimentos descritos por Roubach e Gomes<sup>10</sup>, com solução benzocaína a 10%, observando os estágios de sedação do peixe. Com os animais sedados até o ponto de anestesia cirúrgica, foi realizado a coleta do sangue com o auxílio de seringas e agulhas descartáveis, através do método de punção intracardíaca<sup>11</sup>, devido as dificuldades encontradas na realização do procedimento de coleta por venopunção caudal.

Com o intuito de verificar a ocorrência dos micronúcleos e alterações morfológicas nucleares nos eritrócitos dos peixes, foi empregada uma metodologia baseada no trabalho de Bücker, Carvalho e Alves-Gomes<sup>12</sup>, com algumas adaptações:

Após a retirada do sangue, o mesmo foi posto sobre uma lâmina e feito o esfregaço sanguíneo, deixando-o secar em temperatura ambiente. Passado o tempo de secagem, as lâminas foram fixadas com álcool metílico 99,8% (metanol), aguardou-se o período de 15 minutos para fixação.

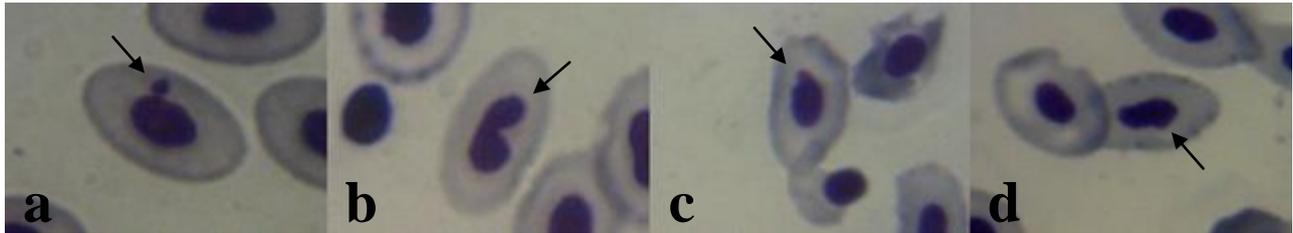
Posteriormente, a coloração do tecido sanguíneo foi feita com solução de Giemsa, na proporção de 3 gotas do corante para cada 2mL de água destilada, por um período de 20 minutos, após este processo, as lâminas foram lavadas com água e analisadas.

A análise das lâminas, foi realizada com o auxílio de um microscópio óptico, utilizando a objetiva de imersão. Sendo feita a contagem de 1000 células do sangue por lâmina, bem como o número de ocorrência dos micronúcleos e alterações morfológicas nucleares.

O reconhecimento do micronúcleo e das alterações morfológicas nucleares, foi feito de acordo com o trabalho de Gonçalves<sup>13</sup>, considerando como micronúcleos, os corpúsculos formados e visivelmente separados do núcleo principal, com bordas distinguíveis e com mesma refração

do núcleo principal (Figura 2a), as alterações morfológicas nucleares encontradas foram dos tipos: *Notched* (Figura 2b), *Blebbed* (Figura 2c) e *Lobed* (Figura 2d).

**Figura 2.** Fotos de microscopia óptica do micronúcleo e alterações morfológicas nucleares encontradas nas amostras de sangue dos peixes coletados no rio Catolé Grande, Itapetinga, BA, sendo a: célula com micronúcleo, b: alteração nuclear *Notched*, c: alteração nuclear *Blebbed*, d: alteração nuclear *Lobed*.



Os dados referentes ao teste do micronúcleo e alterações morfológicas nucleares, foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, sendo os dados enquadrados como não paramétricos. Aplicou-se o teste de Mann-Whitney, com nível de significância de 0,05, para comparação dos trechos estudados em relação a suas medianas totais de micronúcleos e alterações morfológicas nucleares registradas. O programa BioEstat 5.0 foi utilizado para a realização destes testes<sup>14</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação feita entre os trechos 1 e 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre a ocorrência de micronúcleos nos eritrócitos dos peixes analisados. As menores taxas de micronúcleos foram observadas nos exemplares coletados no trecho 1 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Média, desvio padrão e resultado do teste de Mann-Whitney na comparação dos trechos 1 e 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, em relação a ocorrência de micronúcleos (MN).

Espécies	MN (Trecho 1)	MN (Trecho 2)	P
	Média ± Desvio padrão	Média ± Desvio padrão	
<i>Oreochromis niloticus</i>	1,0 ± 0,0	7,5 ± 2,6	0,0002*
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1,5 ± 0,7	-	
<i>Astronotus crassipinnis</i>	2,5 ± 0,8	-	

\* Resultado significativo ( $P < 0,05$ ), pelo teste de Mann-Whitney.

Este resultado já era esperado, visto que o trecho 2 sofreu uma maior intervenção antrópica, principalmente em relação ao grande acúmulo de lixo e o constante despejo de efluentes domésticos e industriais lançados diretamente ou indiretamente por meio de córregos no local, que possivelmente apresentam substâncias com maior potencial de genotoxicidade sobre os eritrócitos dos peixes.

Segundo Moraes e Jordão<sup>15</sup>, os despejos urbanos nos corpos hídricos são bastante variados, podendo conter quantidades consideráveis de matéria orgânica e substâncias tóxicas para os organismos vivos.

De acordo com Duarte et al<sup>16</sup>, substâncias químicas provenientes do lançamento de efluentes urbanos, como o cádmio e o alumínio, promovem efeitos genotóxicos e mutagênicos em peixes, evidenciando o potencial contaminantes destas substâncias.

Agentes tóxicos, mesmo em quantidades baixas e quase não detectáveis na água, podem se bioacumular nos peixes e comprometer a qualidade de vida destes organismos<sup>17</sup>. Os impactos dos efluentes sem tratamento adequado, não se restringem apenas aos peixes, pois muitas substâncias com potencial genotóxico, podem produzir efeitos similares em outros organismos, visto que o alvo toxicológico é o DNA<sup>15</sup>.

No estudo realizado por Cort e Ghisi<sup>6</sup>, peixes coletados em áreas preservadas apresentaram menores taxas de dano nuclear, em comparação com os que habitam em locais receptores de despejos urbanos. Resultado semelhante ao encontrado neste estudo, onde a maior potencialidade de indução de efeitos genotóxicos, é provavelmente decorrente do comprometimento ambiental pelo despejo de efluentes urbanos da cidade.

Na comparação feita entre os trechos 1 e 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre a ocorrência de alterações morfológicas nucleares nos eritrócitos dos peixes analisados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média, desvio padrão e resultado do teste de Mann-Whitney na comparação dos trechos 1 e 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, em relação a ocorrência de alterações morfológicas nucleares (AMN).

Espécies	AMN (Trecho 1)	AMN (Trecho 2)	P
	Média ± Desvio padrão	Média ± Desvio padrão	
<i>Oreochromis niloticus</i>	7,0 ± 0,0	7,0 ± 3,3	0,7762 n.s.
<i>Geophagus brasiliensis</i>	9,5 ± 0,7	-	
<i>Astronotus crassipinnis</i>	7,1 ± 4,5	-	

n.s. = diferença não significativa ( $P > 0,05$ ), pelo teste de Mann-Whitney.

Era esperado que as maiores taxas de alterações morfológicas nucleares, fossem encontradas nos eritrócitos dos peixes coletados no trecho 2, em razão do acúmulo de lixo e despejo de efluentes domésticos e industriais no local, que poderiam apresentar substâncias com maior potencial de citotoxicidade sobre os eritrócitos dos peixes.

O elevado número de ocorrência de alterações morfológicas nucleares nos peixes coletados no trecho 1, pode estar associado com a perda da função da mata ciliar, descarte inadequado de lixo e o carreamento de substâncias provenientes das atividades agropecuárias para o rio, durante a precipitação.

De acordo com Lima e Pinto<sup>18</sup>, com a expansão da pecuária em Itapetinga, trechos expressivos foram desmatados e transformados em pastagens, contribuindo para a degradação ambiental e conseqüentemente afetando a qualidade da água do rio Catolé Grande.

Segundo Vogel, Zawadzki e Metri<sup>19</sup>, uma mata ciliar bem estruturada, funciona como uma barreira impedindo a erosão e lixiviação de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e dos mais diversos poluentes, que contaminam a água e podem provocar grandes danos à comunidade aquática.

As substâncias causadoras de efeitos genotóxicos e citotóxicos nos peixes, são difíceis de serem detectadas, devido a sua interação com outros compostos e suas diferentes origens. No entanto, o estudo de seus efeitos permite alertar sobre os riscos aos quais os organismos estão expostos.

A análise do teste do micronúcleo e das alterações morfológicas nucleares indicaram que os peixes do presente estudo, estão respondendo aos efeitos de xenobióticos presentes na água. Sendo substâncias com potencialidade citotóxica presentes nos dois trechos do rio Catolé Grande e substâncias com potenciais genotóxicos mais agravantes no trecho 2.

Os dados avaliados no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, principalmente relacionados ao trecho 2 do local de estudo, geraram preocupação em relação a sobrevivência dos organismos aquáticos presentes no rio e a saúde das pessoas que acabam consumindo os peixes obtidos neste local.

## **CONCLUSÃO**

As alterações nucleares encontradas nos peixes coletados em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, evidenciam o potencial toxicológico das substâncias xenobióticas presentes na água, sendo a utilização de peixes como bioindicadores, úteis na verificação da qualidade da água, em casos de investigação de poluição ambiental.

Os resultados apresentados neste trabalho, demonstram a necessidade de medidas eficientes no controle do lançamento de efluentes domésticos e industriais no rio, visto que, espécies sensíveis à poluição podem estar desaparecendo, comprometendo a biodiversidade deste ecossistema.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho ocorreu graças a estrutura fornecida pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, o empenho dos pesquisadores do grupo Núcleo de Estudos de Organismos Aquáticos (NEOAQUA) e o auxílio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com a concessão da bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jesus TB, Carvalho CEV. Utilização de biomarcadores em peixes como ferramenta para avaliação de contaminação ambiental por mercúrio (Hg). *Oecologia brasiliensis*. 2008;12(4):680-693. DOI: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2008.1204.07>
2. Kuss CP, Castro FBG. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica das águas do rio Palmital, em Colombo-PR. *Cadernos da Escola de Saúde*. 2016;1(15):32-41. [acesso 2 Feb 2016]. Disponível em: [revistas.facbrasil.edu.br/cadernossaude/index.php/saude/article/view/240](http://revistas.facbrasil.edu.br/cadernossaude/index.php/saude/article/view/240)
3. Araújo IMM, Nascimento MMB, Oliveira AGRC. Recursos hídricos e saúde humana: impactos industriais e estratégias de manejo e proteção ambiental no município de Goiana/PE. *Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis*. 2016;13(3):163-181.
4. Costa RMA, Menk CFM. Biomonitoramento de mutagênese ambiental. *Biologia: Ciência & Desenvolvimento*. 2000;2(12):24-26.
5. Winkaler EU, Silva AG, Galindo HC, Martinez CBR. Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Biological Sciences*. 2001;23(2):507-514.
6. Cort CCWD, Ghisi NC. Uso de alterações morfológicas nucleares em *Astyanax spp.* para avaliação da contaminação aquática. *O Mundo da Saúde*. 2014;38(1):31-39.
8. Carvalho MB, Ramirez A, Gattás GJF, Guedes AL, Amar A, Rapoport A, et al. Correlação entre a evolução clínica e a frequência de micronúcleos em células de pacientes portadores de carcinomas orais e da orofaringe. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2002;48(4):317-322. DOI: [10.1590/S0104-42302002000400037](https://doi.org/10.1590/S0104-42302002000400037)
9. Cavas T, Garanko NN, Arkhipchuk VV. Induction of micronuclei and binuclei in blood, gill and liver cells of fishes subchronically exposed to cadmium chloride and copper sulphate. *Food and Chemical Toxicology*. 2005;43(4):569-574. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2004.12.014>
10. Roubach R, Gomes LC. O uso de anestésicos durante o manejo de peixes. *Panorama da Aquicultura*. 2001;11(66):37-40.
11. Ishikawa MM, Pádua SB, Satake F, Pietro PS, Hisano H. Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes. *Circular Técnica*, 17. Embrapa Agropecuária Oeste. 2010. [acesso 14 Feb 2016]. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20101874164>
12. Bücker A, Carvalho W, Alves-Gomes JA. Avaliação da mutagênese e genotoxicidade em *Eigenmannia virescens* (Teleostei: Gymnotiformes) expostos ao benzeno. *Acta Amazônica*. 2006;36(3):357-364. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300011>
13. Gonçalves HLS. Diferença na frequência basal de micronúcleos e alterações morfológicas nucleares em eritrócitos de *Astyanax altiparanae*, *Geophagus brasiliensis*, *Piaractus*

- mesopotamicus*, *Rhamdia quelen*, *Hoplias intermedius* e *Oreochromis niloticus* [monografia]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná; 2015.
14. Ayres M, Ayres Júnior M, Ayres DL, Santos AAS. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Instituto Mamirauá. 2007.
  15. Moraes DSL, Jordão BQ. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista Saúde Pública*. 2002;36(3):370-374. DOI: [10.1590/S0034-89102002000300018](https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018)
  16. Duarte ID, Dias MC, David JAO, Matsumoto ST. A qualidade da água da Lagoa Jacuném (Espírito Santo, Brasil) em relação a aspectos genotóxicos e mutagênicos, mensurados respectivamente pelo ensaio do cometa e teste do micronúcleo em peixes da espécie *Oreochromis niloticus*. *Revista Brasileira de Biociências*. 2012;10(2):211-219. [acesso 15 Ago 2016]. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2064>
  17. Marengoni NG, Possamai M, Gonçalves Júnior AC, Oliveira AAMA. Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia-do-Nilo em hapas. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*. 2008;30(3):351-358. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i3.455>
  18. Lima EM, Pinto JESS. Bacia do rio Catolé Grande, Bahia-Brasil: bases geoambientais e socioeconômicas para a gestão da água e do solo. *Revista Geográfica de América Central*. 2011;2(47):1-11.
  19. Vogel HF, Zawadzki CH, Metri R. Florestas ripárias: importâncias e principais ameaças. *Revista de Saúde e Biologia*. 2009;4(1):24-30. [acesso 18 Ago 2016]. Disponível em: <http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/143>

**CAPÍTULO II**  
**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E HISTOPATOLOGIA BRANQUIAL**  
**DE PEIXES, NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

## **Parâmetros físico-químicos e histopatologia branquial de peixes, na avaliação da qualidade da água**

**Resumo:** A utilização conjunta de parâmetros físico-químicos da água e biomarcadores de toxicidade ambiental, é importante na avaliação da degradação dos recursos hídricos. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, empregando parâmetros físicos e químicos da água e análises histopatológicas das brânquias dos peixes. A análise dos parâmetros físico-químicos, foram realizadas com o auxílio de sonda de multiparâmetro e fotômetro multiparâmetro. Para a confecção das lâminas histológicas branquiais, foram retirados o segundo arco branquial do lado esquerdo dos peixes, fixados em solução de formol a 10%, e posteriormente realizado os procedimentos de cortes histológicos e coloração por hematoxilina e eosina. As análises dos parâmetros físico-químicos da água apontaram o comprometimento da qualidade da água nos trechos estudados. As alterações histopatológicas branquiais encontradas foram hiperplasia, fusão de lamelas secundárias e aneurisma. Os resultados obtidos neste estudo, indicaram a degradação da qualidade da água e o efeito dos poluentes sobre as brânquias dos peixes, em decorrência do despejo efluentes urbanos no rio.

**Palavras-chave:** Biomarcador. Brânquias. Poluição ambiental.

## **Physicochemical parameters and fish branchial histopathology in the evaluation of water quality**

**Abstract:** The joint use of physicochemical parameters of water and biomarkers of environmental toxicity is important in assessing the degradation of water resources. The objective of this work was to evaluate water quality in two urban sections of the Catolé Grande river, in Itapetinga, BA, using physical and chemical parameters of the water and histopathological analyzes of the fish gills. The analysis of the physicochemical parameters were performed with the aid of multiparameter probe and multiparameter photometer. For the preparation of the gill histological slides, the second branchial arch was removed from the left side of the fish, fixed in 10% formalin solution, and subsequently performed the procedures of histological sections and staining by hematoxylin and eosin. The analysis of the physicochemical parameters of the water indicated the compromise of the quality of the water in the studied sections. The gill histopathological alterations were hyperplasia, secondary lamella fusion and aneurysm. The results obtained in this study indicated the degradation of the water quality and the effect of the pollutants on the gills of fish, due to the discharge of urban effluents in the river.

**Keywords:** Biomarkers. Gills. Environmental pollution.

## ***1. Introdução***

Os impactos ambientais provocados pelas ações antrópicas, têm afetado consideravelmente os recursos hídricos, por meio do aumento na produção e emissão de poluentes nos corpos d'água (Ferreira *et al.*, 2017).

Os efluentes urbanos são variados, podendo conter substâncias potencialmente tóxicas para os organismos vivos, comprometendo o ambiente e promovendo o desequilíbrio do ecossistema (Moraes & Jordão, 2002).

Segundo Alves *et al.* (2008), a avaliação da qualidade da água por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos, tem por objetivo avaliar o estado de conservação dos recursos naturais e as influências antropogênicas sobre o ambiente.

De acordo com Ferreira *et al.* (2017), as análises feitas por parâmetros físico-químicos, correspondem a modificações ambientais específicas e momentâneas da qualidade da água, sendo pouco eficiente na detecção de alterações nas comunidades biológicas.

A utilização de parâmetros biológicos em programas de monitoramento ambiental, complementam os dados referentes aos parâmetros físico-químicos da água, visto que os organismos aquáticos refletem as mudanças ocorridas no ambiente (Goulart & Callisto, 2003).

Segundo Lins *et al.* (2010), a utilização da biota aquática em avaliações ambientais, contribui com informações importantes sobre a degradação ambiental, por estarem constantemente expostas a diversas substâncias tóxicas lançadas no ambiente.

Os peixes são sensíveis a diversos tipos de poluentes, apresentando alterações morfológicas em seus tecidos e órgãos, podendo ser empregados como bioindicadores, em avaliações de impactos ambientais (Lupi *et al.*, 2007).

Dentre os diversos órgãos do peixe utilizados como biomarcadores, destaca-se a utilização das brânquias, onde alterações nestas estruturas podem evidenciar efeitos agudos, crônicos e crônicos parciais, ocasionados por contaminantes presentes na água (Nogueira *et al.*, 2011).

O epitélio branquial é responsável pela manutenção osmótica e iônica dos peixes, sendo as suas células afetadas direta ou indiretamente por fatores ambientais e alterações internas do organismo (Lupi *et al.*, 2007). Segundo Rezende *et al.* (2013), as brânquias são amplamente utilizadas para documentar e quantificar os efeitos dos

contaminantes ambientais, evidenciando substâncias que podem interferir na sobrevivência dos organismos.

Desta forma, neste trabalho objetivou-se avaliar a qualidade da água em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, utilizando parâmetros físico-químicos e as alterações morfológicas presentes nas brânquias dos peixes.

## 2. Metodologia

As coletas foram regulamentadas e licenciadas pelo órgão federal competente (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio: autorização n° 52380-1), e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), registrada com o n° 129/2016.

O estudo foi conduzido em dois trechos urbanos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA (Figura 1), onde os locais de coleta, foram definidos mediante avaliações preliminares visuais dos aspectos de preservação e degradação do ambiente. Um aparelho de *Global Positioning System* (GPS) foi utilizado para georreferenciar os locais de coletas.

**Figura 1.** Localização dos trechos que compreendem os locais de coleta de água e peixes, no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA (Fonte: <http://maps.google.com.br>).



O primeiro trecho, tem seu início próximo ao local de captação de água para abastecimento da população (coordenadas UTM: 8.314.947-S e 364.342-W) e término próximo ao Parque Zoobotânico da Matinha (coordenadas UTM: 8.315.015-S e 367.457-W). Foi possível observar a degradação da mata ciliar ao longo do trecho, apresentando margens com poucas árvores, solo exposto e com formação de barrancos em alguns locais.

O segundo trecho, tem seu início próximo a central de abastecimento da cidade (coordenadas UTM: 8.313.522-S e 366.466-W) e término após o trecho urbano e industrial da cidade (coordenadas UTM: 8.313.522-S e 364.466-W). Corresponde ao trecho mais impactado pela intervenção antrópica, com saídas de esgoto, margens erodidas, acúmulo de lixo e entulho nas margens.

### *2.1 Estimativa dos parâmetros físico-químicos da água*

Os parâmetros físico-químicos da água, foram obtidos por meio de análise em laboratório e medições feitas no próprio local de coleta.

No dia 30/04/2016, foram coletadas 10 amostras de água em cada trecho do rio Catolé Grande, em Itapetinga, Bahia. As coletas foram realizadas seguindo os procedimentos referentes a NBR 9898 (ABNT, 1987), feitas na calha central do rio, a cerca de 20 a 30 cm abaixo da superfície da água, em seguida transportadas até o Laboratório de Biologia da UESB.

As avaliações dos parâmetros: nitrogênio amoniacal total ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ -N), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), fósforo (P), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), foram feitas no laboratório, com o fotômetro multiparâmetro da marca HANNA (modelo HI 83200), seguindo as instruções do fabricante.

No momento em que se realizava as coletas de água no rio, com o auxílio de uma sonda de multiparâmetro da marca HANNA (modelo HI 9828), foram feitas 10 medições em cada local de coleta das amostras de água, para a avaliação os parâmetros: temperatura (T), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD).

## 2.2 Coletas de peixes e processamento histológico das brânquias

Nos dois trechos do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, foram utilizados dois métodos para a captura de peixes: rede de arremesso e rede de barranco. As coletas aconteceram em dois períodos diurnos, nos dias 16/04/2016 e 30/04/2016.

Em laboratório, os exemplares coletados seguiram o procedimento de eutanásia por imersão em solução de hidrócloro de benzocaína. Os exemplares foram triados e identificados, sendo 6 exemplares coletados no trecho 1 (3 *Astronotus crassipinnis*, 2 *Geophagus brasiliensis* e 1 *Oreochromis niloticus*) e 4 exemplares (*Oreochromis niloticus*) coletados no trecho 2, totalizando 10 exemplares de peixes.

Para a análise histopatológica das brânquias, removeu-se o segundo arco branquial do lado esquerdo de cada exemplar e fixou em formol a 10%. Posteriormente, o material foi encaminhado para o Laboratório de Morfofisiologia Animal Comparada da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde as brânquias foram desidratadas em série etanólica crescente, diafanizados em xilol, emblocadas em parafina e seccionadas em micrótomo rotativo Olympus CUT 4055.

No Laboratório de Biologia Estrutural da UFV, os cortes foram submetidos às técnicas de desparafinização e hidratação, em seguida corados mediante a técnica de coloração por hematoxilina e eosina (Bancroft & Stevens, 1996).

A análise das lâminas foi realizada no Laboratório de Biologia da UESB, utilizando um microscópio óptico, e as alterações encontradas nas brânquias foram posteriormente fotomicrografadas.

## 2.3 Análise estatística dos parâmetros físico-químicos da água

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (teste F), com nível de significância de 5%. Quando constatada a diferença pelo teste F, aplicou-se o teste de Tukey, com nível de significância de 5%, para comparação das médias obtidas de cada parâmetro, nos trechos avaliados. O programa BioEstat 5.0 foi utilizado para a realização destes testes (Ayres *et al.*, 2007).

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Parâmetros físico-químicos da água

A Resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA), classifica os rios em diferentes classes, de acordo com o tipo de uso que se faz de suas águas, sendo atribuído a classe 2 para os rios que ainda não foram enquadrados, tal como o rio Catolé Grande. Os resultados foram comparados com os valores estabelecidos na Resolução do CONAMA 357/2005 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultado da análise de variância (teste F) e do teste de Tukey, para comparação de médias dos parâmetros físico-químicos da água, nos trechos de amostragem no rio Catolé Grande, Itapetinga, BA, em 2016 [temperatura da água (T), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NH<sub>3</sub>-N), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), fósforo (P), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn)].

Parâmetros	Trechos				CONAMA <sup>1</sup>
	Trecho 1		Trecho 2		
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	
T (°C)	26,32 n.s.	0,12	26,48 n.s.	0,22	-
pH	6,80 n.s.	0,37	6,55 n.s.	0,10	6 a 9
CE (µS/cm)	86 a	8,43	180,3 b	51,9	-
OD (mg/L)	5,06 a	1,93	0,71 b	0,38	≥ 5
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	0,28 a	0,19	3,51 b	0,98	3,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(mg/L)	0,65 a	0,42	2,77 b	0,99	10
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	0,53 a	0,18	1,56 b	0,4	-
P (mg/L)	0,18 a	0,07	0,51 b	0,12	0,05
Fe (mg/L)	0,32 n.s.	0,12	0,53 n.s.	0,4	0,3
Mn (mg/L)	0,2 n.s.	0,06	0,3 n.s.	0,13	0,1
Zn (mg/L)	0,19 n.s.	0,06	0,16 n.s.	0,03	0,18

Médias na horizontal seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias na horizontal seguidas por n.s., não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste F.

<sup>1</sup> Limites estabelecidos na Resolução do CONAMA 357/2005, para rios de classe 2.

A temperatura da água nos trechos avaliados (Tabela 1), estava adequada para o desenvolvimento de peixes de águas tropicais. Segundo Silva *et al.* (2007), os peixes tropicais estão mais adaptados para viverem em temperaturas entre 20 e 28 °C, tendo seu apetite otimizado em temperaturas entre 24 e 28°C.

Os valores correspondentes ao pH da água, estavam próximos a neutralidade e em concordância com o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 1).

Em relação a condutividade elétrica, os menores valores foram obtidos no trecho 1 (Tabela 1). O elevado valor de condutividade elétrica obtido no trecho 2, pode estar associado com o despejo de efluentes domésticos e industriais no rio, que elevam os níveis de matéria orgânica e sólidos em suspensão, favorecendo o aumento da condutividade elétrica neste local.

Outro fator que pode estar contribuindo para o valor elevado de condutividade elétrica obtido no trecho 2, é a degradação da mata ciliar e o acúmulo de lixo próximo as margens do rio, que podem conter resíduos sólidos, minerais, matéria orgânica e outras substâncias que são carreadas para o rio. De acordo com Carvalho *et al.* (2000), áreas com pouca cobertura vegetal, os materiais do solo são transportados para o meio aquático durante a precipitação, elevando a concentração de sólidos suspensos na água, promovendo o aumento da condutividade elétrica.

No estudo realizado Sardinha *et al.* (2008), os valores elevados de condutividade elétrica (178, 190 e 230  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) obtidos no Ribeirão do Meio após o trecho urbano da cidade de Leme (SP), estão associados com o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento no rio. Resultado semelhante ao encontrado no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, que também não possuía uma estação de tratamento de esgoto.

Em relação ao oxigênio dissolvido, os dois trechos não estavam em concordância com os valores estabelecidos na Resolução do CONAMA 357/2005 (Tabela 1), no entanto os valores obtidos no trecho 1, indicam uma melhor oxigenação da água em comparação ao trecho 2.

De acordo com Piedras *et al.* (2006), o despejo inadequado e sem tratamento de efluentes domésticos colocam em risco a qualidade da água dos rios, provocando uma redução considerável nos níveis de oxigênio dissolvido na água. Visto que os esgotos, apresentam grandes quantidades de matéria orgânica (Monteiro *et al.*, 2008).

Segundo Alves *et al.* (2008), durante o processo de estabilização da matéria orgânica, as bactérias aeróbicas que utilizam oxigênio em seus processos metabólicos, podem vir a causar uma baixa na concentração de oxigênio dissolvido.

A avaliação do oxigênio dissolvido é de grande relevância para a sobrevivência dos organismos, que quando encontrados em baixas concentrações, podem comprometer o desenvolvimento, aumentar de incidência de doenças e até mesmo levar a morte de peixes (Kubitza, 1998).

Os valores de oxigênio dissolvido obtidos no trecho 2 (Tabela 1), demonstram que esta área está seriamente comprometida pelo acúmulo de lixo, despejo de efluentes domésticos e industriais, podendo comprometer a biodiversidade aquática deste local.

De acordo com Alves *et al.* (2008), além dos poluentes urbanos e industriais, a utilização de defensivos agrícolas, contribui para a introdução de compostos orgânicos e inorgânicos na água, afetando a sua qualidade.

O que pode estar ocasionando uma grande variação de oxigênio dissolvido no trecho 1 (Tabela 1), visto que o entorno deste trecho é formado por áreas destinadas a pecuária e agricultura, e também construções urbanas, onde possivelmente o descarte inadequado de lixo e a matéria orgânica e inorgânica advindas da atividade agropecuária, são carreadas para o rio durante a precipitação.

Na análise do nitrogênio amoniacal, os menores valores foram obtidos no trecho 1, enquanto no trecho 2 os níveis ultrapassaram o limite estabelecido na Resolução do CONAMA 357/2005 (Tabela 1).

Os maiores valores obtidos no trecho 2, provavelmente estão associados ao lançamento constante de efluentes domésticos e industriais no rio. Segundo Macêdo (2007), a presença de nitrogênio amoniacal indica poluição recente por descarga de esgoto.

Em relação aos níveis de nitrato, os dois trechos estavam em concordância com o limite estabelecido na Resolução do CONAMA 357/2005 (Tabela 1). No entanto, o trecho 2 apresentou valores mais elevados em comparação ao trecho 1.

Segundo Esteves (1998), a quantidade significativa de compostos nitrogenados que estão presente nos corpos hídricos, provém da degradação tanto aeróbia quanto anaeróbia da parte nitrogenada da matéria orgânica.

Os processos de conversão dos compostos nitrogenados implicam na redução do oxigênio dissolvido, ressaltando que alguns desses compostos em sua forma livre como

a amônia, é tóxico para os peixes, afetando consideravelmente a qualidade da água (Hussar *et al.*, 2005).

Em relação aos níveis de fosfato, os maiores valores foram obtidos no trecho 2 (Tabela 1), provavelmente associados ao despejo de efluentes domésticos e industriais, sendo o fosfato responsável pela redução da qualidade da água e proliferação de algas, destaca-se o comprometimento da qualidade da água neste trecho, contribuindo com indícios de eutrofização da água neste local.

Em relação aos níveis de fósforo, os dois trechos estavam em desacordo com o limite estabelecido na Resolução do CONAMA 357/2005 (Tabela 1), sendo os maiores valores observados no trecho 2.

Os valores de fósforo obtidos no trecho 1, podem estar associados com a atividade agropecuária no entorno do rio e a degradação da mata ciliar ao longo do trecho, enquanto no trecho 2, os maiores valores de fósforo, podem estar relacionados com o despejo de efluentes urbanos no rio.

No estudo realizado por Gomes *et al.* (2010), os níveis de fósforo presentes no rio Catolé Grande, indicaram um elevado nível de eutrofização das águas, podendo ter sua utilização comprometida e ocasionar a mortandade de peixes.

Considerando os dados obtidos, o trecho 2 deste estudo pode apresentar uma menor diversidade de peixes em comparação ao trecho 1, devido ao comprometimento da qualidade da água por efluentes urbanos da cidade.

Em relação a análise de elementos químicos potencialmente tóxicos, os níveis de ferro, manganês e zinco nos dois trechos avaliados, estavam em desacordo com o limite estabelecido na Resolução do CONAMA 357/2005 (Tabela 1).

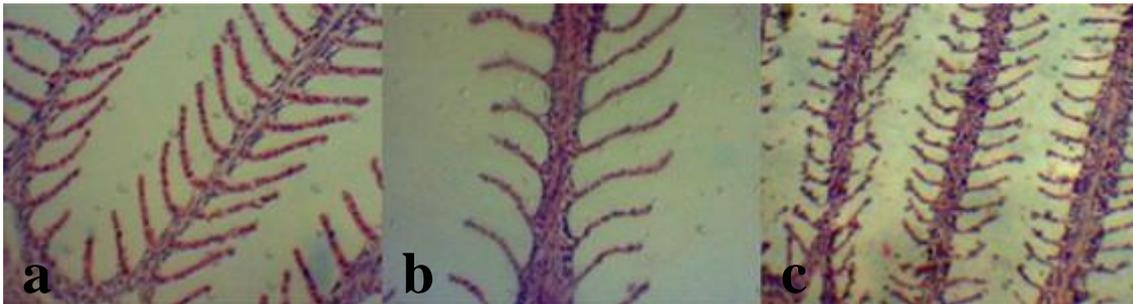
De acordo com Moraes & Jordão (2002), os despejos urbanos nos corpos hídricos, são bastante variados e podem conter quantidades consideráveis de matéria orgânica em suspensão e substâncias potencialmente tóxicas. Segundo Marengoni *et al.* (2008), substâncias tóxicas mesmo em quantidades baixas e quase não detectáveis na água, podem se bioacumular nos peixes, comprometendo a qualidade de vida destes organismos.

O consumo de pescado que está contaminado com algum composto bioacumulável, pode colocar em risco a saúde humana (Mantovani, 2005). Contaminantes químicos inorgânicos como o ferro, manganês, zinco e outros compostos, quando ingeridos em altas quantidades, podem causar problemas neurológicos, distúrbios gástricos e outros sintomas (Marengoni *et al.*, 2008).

### 3.2 Análise histopatológica das brânquias

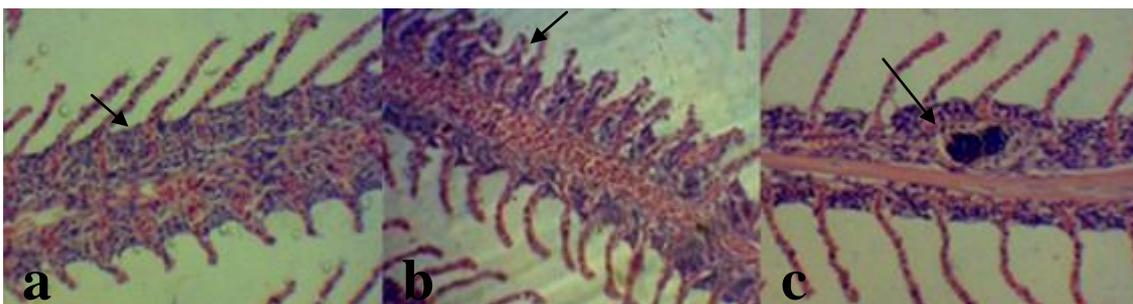
Na análise histopatológica das brânquias dos peixes coletados no trecho 1 (Figura 2), não foram observadas quaisquer alterações morfológicas, sendo considerado normal o padrão branquial encontrado.

**Figura 2.** Análise das brânquias dos peixes coletados no trecho 1 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, a: *Astronotus crassipinnis*, b: *Geophagus brasiliensis*, c: *Oreochromis niloticus*.



Em relação ao trecho 2, a análise histopatológica realizada, indicou a presença de diferentes tipos de alterações morfológicas nos tecidos. As principais lesões observadas foram: hiperplasia (Figura 3a), fusão de lamelas secundárias (Figura 3b) e aneurisma (Figura 3c).

**Figura 3.** Alterações morfológicas branquiais encontradas nos peixes amostrados no trecho 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, a: hiperplasia, b: fusão lamelar, c: aneurisma.



Possivelmente a ação de compostos xenobióticos provenientes do despejo de efluentes urbanos e a baixa quantidade de oxigênio dissolvido no trecho 2, estão promovendo alterações morfológicas nas brânquias dos peixes coletados neste local.

De acordo com Machado (1999), a hiperplasia é caracterizada pela multiplicação celular acentuada sobre a superfície respiratória dos peixes. A proliferação celular

ocasiona a fusão das lamelas secundárias, a fim de diminuir o contato das brânquias com os contaminantes presentes na água (Pereira *et al.*, 2014).

Esta adaptação traz consequências para o organismo, podendo ocasionar a redução ou impedimento da passagem de água entre as lamelas secundárias, dificultando as trocas gasosas (Lupi *et al.*, 2007).

A ocorrência de aneurisma pode estar relacionada com as dificuldades respiratórias, visto que as mesmas induzem a vasodilatação (Pereira *et al.*, 2014). Segundo Winkaler *et al.* (2001), outro fator que pode contribuir para o surgimento de lesões histopatológicas nas brânquias de peixes como: aneurisma e hiperplasia, é a exposição aos agentes tóxicos presentes na água e no sedimento.

Nos estudos realizados por Nero *et al.* (2006), com peixes expostos a águas contaminadas por elementos químicos potencialmente tóxicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs), foram descritas lesões equivalentes às encontradas neste trabalho, como fusão lamelar e proliferação celular entre as lamelas secundárias.

Jiraungkoorskul *et al.* (2002), utilizando peixes expostos ao herbicida Roundup, obtiveram como principais resultados a proliferação das células da lamela secundária, hiperplasia, fusão lamelar e aneurisma na brânquia, destacando o potencial biomarcador de poluição deste órgão.

Não foi possível identificar os tipos de resíduos orgânicos ou inorgânicos que promoveram estas alterações encontradas nos peixes do trecho 2, apenas pode-se inferir que no local com maior concentração poluentes urbanos, houve alterações histopatológicas nas branquiais.

As lesões encontradas nas brânquias dos peixes coletados no trecho 2 do rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, foram classificadas como lesões moderadas, podendo ser reversíveis, caso o agente estressor seja neutralizado (Bernet *et al.*, 1999). O agravamento das condições atuais poderia ocasionar lesões severas e irreversíveis, comprometendo a sobrevivência dos peixes.

#### **4. Conclusão**

Os resultados obtidos por meio de parâmetros físico-químicos, gerou preocupação tanto em relação a sobrevivência dos organismos aquáticos presentes no rio Catolé Grande, em Itapetinga, BA, quanto para a saúde das pessoas, visto que os

peixes capturados em locais contaminados, são muitas vezes utilizados para o próprio consumo ou comercialização.

A análise das alterações branquiais, evidenciou os danos provocados aos peixes que habitam em locais receptores de efluentes domésticos e industriais, demonstrando que este órgão pode ser utilizado como biomarcador de contaminação ambiental e subsidiar programas de monitoramento ambiental.

Os dados apresentados neste trabalho, demonstram o comprometimento da qualidade da qualidade da água nos trechos estudados do rio, principalmente em relação ao trecho 2, necessitando de medidas eficientes no controle de lançamento dos efluentes urbanos, pois espécies de peixes sensíveis aos contaminantes que integram os esgotos, podem estar desaparecendo.

## **5. Agradecimentos**

A realização deste trabalho ocorreu graças à estrutura fornecida pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e a Universidade Federal de Viçosa, o empenho dos pesquisadores do grupo Núcleo de Estudos de Organismos Aquáticos (NEOAQUA) e o auxílio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com a concessão da bolsa de estudos.

## **6. Referências bibliográficas**

Alves, E. C.; Silva, C. F.; Cossich, E. S., Tavares, C. R. G., de Souza Filho, E. E.; Carniel, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Acta Scientiarum. Technology*, 30(1), 39-48, 2008. doi: 10.4025/actascitechnol.v30i1.3199

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento*. Rio de Janeiro, 1987.

Ayres, M.; Ayres Júnior, M.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. *BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Instituto Mamirauá, Belém, 2007.

Bernet, D.; Schmidt, H.; Meier, W.; Burkhardt-Holm, P.; Wahli, T. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *Journal of fish diseases*, 22(1), 25-34, 1999. doi: 10.1046/j.1365-2761.1999.00134.x

Bancroft, J. D.; Stevens, A. *Theory and practices of histological techniques*. Churchill Livingstone, 4. ed., 1996.

Carvalho, A. R.; Schlittler, F. H. M.; Tornisielo, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, 23(5), 618-622, 2000. doi: 10.1590/S0100-40422000000500009

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005*. Brasília: DOU de 18/03/2005.

Esteves, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2. ed., 1998.

Ferreira, P. V. N.; Ruiz, M. V. S.; Aguiar, C. M. A. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade ambiental do Córrego Lagoinha, em Uberlândia (MG). *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 13(1), 25-36, 2017. doi: 10.17271/19800827

Gomes, D. P. P.; Barros, F. M.; Barreto, L. V.; Rosa, R. C. C.; Tagliaferri, C. Avaliação do estado trófico para o rio Catolé-Ba em diferentes épocas do ano. *Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer*, 6(11), 1-6, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/avaliacao%20do%20estado.pdf>>. Acesso em 8 de jul. 2016.

Goulart, M. D.; Callisto, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2(1), 153-164, 2003. Disponível em: <<http://www.urisan.tche.br/~briseidy/P%F3s%20Licenciamento%20Ambiental/bioindicadores%2019.10.2010.pdf>>. Acesso em 2 de fev. 2016.

Hussar, G. J.; Paradela, A. L.; Bastos, M. C.; Reis, T. K. B.; Jonas, T. C.; Serra, W.; Gomes, J. P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. *Engenharia Ambiental*, 2(1), 35-45, 2005. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=61&article=28&mode=pdf>>. Acesso em 9 de jul. 2016.

Jiraungkoorskul, W.; Upatham, E. S.; Kruatrachue, M.; Sahaphong, S.; Vichasri-Grams, S.; Pokethitiyook, P. Histopathological effects of Roundup, a glyphosate herbicide, on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Science Asia*, 28, 121-127, 2002. Disponível em: <[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40416264/Histopathological\\_Effects\\_of\\_Roundup\\_a\\_G20151126-20976-1rql72s.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1489527481&Signature=Vljrc9Eq67tets4KUxvrWjbTxgw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DHistopathological\\_Effects\\_of\\_Roundup\\_a\\_G.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40416264/Histopathological_Effects_of_Roundup_a_G20151126-20976-1rql72s.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1489527481&Signature=Vljrc9Eq67tets4KUxvrWjbTxgw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DHistopathological_Effects_of_Roundup_a_G.pdf)>. Acesso em 20 de jul. 2016.

Kubitza, F. Qualidade da água na produção de peixes - Parte III (final). *Panorama Aquicultura*, 8, 35-43, 1998. Disponível em: <<http://projetopacu.com.br/public/paginas/206-panorama-da-aquicultura-qualidade-de-gua-parte-3.pdf>> Acesso em 2 de ago. 2016.

Lins, J. A. P. N.; Kirschnik, P. G.; Queiroz, V. S.; Cirio, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 8(4), 469-484, 2010. Disponível em:

<<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA?dd1=4518&dd99=pdf>>. Acesso em 4 de fev. 2016.

Lupi, C.; Nhacarini, N. I.; Mazon, A. F.; Sá, O. R. Avaliação da poluição ambiental através das alterações morfológicas nas brânquias de *Oreochromis niloticus* (tilapia) nos córregos Retiro, Consulta e Bebedouro, município de Bebedouro-SP. *Revista Hispici & Lema*, (3), 1-6, 2007. Disponível em:

<<http://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistafafibeonline/sumario/11/19042010102529.pdf>>. Acesso em 8 de fev. 2016.

Macêdo, J. A. B. *Águas & Águas*. Belo Horizonte: CRQ-MG, 3. ed., 2007.

Machado, M. R. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. *Journal of Health Sciences*, 1(1), 63-76, 1999. doi: 10.17921/2447-8938.1999v1n1p%25p

Mantovani, D. M. B. Contaminantes inorgânicos na cadeia produtiva do pescado. In: *Anais do I Simpósio de controle do pescado: Qualidade e sustentabilidade*. São Vicente, 17 e 17 de mar., 2005.

Marengoni, N. G.; Possamai, M.; Júnior, A. C. G.; de Almeida Oliveira, A. A. M. Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia-do-Nilo em hapas. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 30(3), 351-358, 2008. doi: 10.4025/actascianimsci.v30i3.455

Monteiro, T. R.; Oliveira, L. G.; Godoy, B. S. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO. *Oecologia brasiliensis*, 12(3), 553-563, 2008. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882921.pdf>>. Acesso em 13 de ago. 2016.

Moraes, D. S. L.; Jordão, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Rev. Saúde Pública*, 36(3), 370-374, 2002. doi: 10.1590/S0034-89102002000300018

Nero, V.; Farwell, A.; Lister, A.; Van Der Kraak, G.; Lee, L. E. J.; Van Meer, T.; MacKinnon, M. D.; Dixon, D. G. Gill and liver histopathological changes in yellow perch (*Perca flavescens*) and goldfish (*Carassius auratus*) exposed to oil sands process-affected water. *Ecotoxicology and environmental safety*, 63(3), 365-377, 2006. doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.04.014

Nogueira, D. J.; de Castro, S. C.; Vieira, R. C. A.; Rigolin-Sá, O.; de Azevedo Santos, V. M. Utilização das brânquias de *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) (Siluriformes; Pimelodidae) como biomarcador de poluição no reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, Minas Gerais, Brasil. *Biotemas*, 24(3), 51-58, 2011. doi: 10.5007/2175-7925.2011v24n3p51

Pereira, D. P.; Santos, D. M. S.; Carvalho Neta, A. V.; Cruz, C. F.; Carvalho Neta, R. N. F. Alterações morfológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) como biomarcadores de poluição aquática na Laguna da Jansen, São Luís, MA (Brasil). *Bioscience Journal*, 30(4), 1213-1221, 2014. Disponível em:

<[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46809720/artigo\\_laguna.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1489528737&Signature=DZ5AX0K%2BmQU8zsFqflkDpCk8hzk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DALTERACOES\\_MORFOLOGICAS\\_EM\\_BRANQUIAS\\_DE.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46809720/artigo_laguna.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1489528737&Signature=DZ5AX0K%2BmQU8zsFqflkDpCk8hzk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DALTERACOES_MORFOLOGICAS_EM_BRANQUIAS_DE.pdf)>. Acesso em 20 de ago. 2016.

Piedras, S. R. N.; Bager, A.; Moraes, P. R. R.; Isoldi, L. A.; Ferreira, O. G. L., Heemann, C. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Ciência Rural*, 36(2), 494-500, 2006. doi: 10.1590/S0103-84782006000200020

Rezende, K. F. O.; Santos, R. M.; Santos, R. M.; Borges, J. C. S.; Silva, J. R. M. C.; Muniz, C. A. D. S. D. Histopatologia das brânquias de Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, provenientes da represa Billings, área de proteção ambiental Bororé-Colônia. *Atas de Saúde Ambiental-ASA*, 1(1), 57-68, 2013. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ASA/article/view/308/486>>. Acesso em 10 de fev. 2016.

Sardinha, D. S.; Conceição, F. T.; Souza, A. D. G.; Silveira, A.; Julio, M.; Gonçalves, J. C. S. I. Evaluation of the water quality and auto-purification from the meio stream, Leme (SP). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 13(3), 329-338, 2008. doi: 10.1590/S1413-41522008000300013

Silva, V. K.; Ferreira, M. W.; Logato, P. V. R. Qualidade da água na Piscicultura. *Lavras, MG: Universidade Federal de lavras*, 2007.

Winkaler, E. U.; Silva, A. G.; Galindo, H. C.; Martinez, C. B. R. Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 23(2), 507-514, 2001. doi: 10.4025/actascibiols.v23i0.2708

## ANEXOS

## NORMAS DA REVISTA O MUNDO DA SAÚDE

### Instruções aos autores

#### Seções

Serão aceitos manuscritos relacionados às seguintes seções:

- **artigo original** — produção resultante de pesquisa de natureza experimental, observacional ou documental; incluem-se, também, ensaios teóricos relevantes, que apresentam tema e/ou abordagem originais. Deve conter: introdução (apresentação de justificativa, objetivos e referenciais teóricos), metodologia (casuística e procedimentos), resultados, discussão e conclusão.
- **relato de experiência** — apresentação sucinta que apresenta integral ou parcialmente dados específicos oriundos de experiência científica agem originais. Deve conter: introdução (apresentação de justificativa, objetivos e referenciais teóricos), metodologia (casuística e procedimentos), resultados, discussão e conclusão.
- **estudo de caso** — produção decorrente de uma estratégia de pesquisa de natureza exploratória ou descritiva com o propósito de caracterizar um contexto da vida real no qual ocorreu um processo de intervenção.

#### Informações Complementares

- **artigos originais** — devem ter até 30.000 caracteres com espaços, excluindo resumo, tabelas, gráficos, ilustrações e referências.
- **relatos de experiência** — devem ter até 20.000 caracteres com espaços, excluindo resumo, tabelas, gráficos, ilustrações e referências.
- **referências** — devem limitar-se a 25 (vinte e cinco), salvaguardadas as devidas exceções.

#### Preparo dos manuscritos

As normas para a apresentação de manuscritos para a revista *O Mundo da Saúde* baseiam-se no documento "*Requisitos de uniformidade para manuscritos submetidos a periódicos biomédicos e declarações suplementares do Comitê Internacional de Editores de Periódicos Médicos*".

Os artigos assinados são de inteira responsabilidade de seus autores.

O manuscrito a ser submetido à apreciação para publicação deverá apresentar as seguintes características técnicas:

### **Formato**

- Texto gravado em extensão *doc* ou *docx*, em fonte times new roman, corpo 12, espaçamento 1,5 e folha tamanho A4, com todas as margens de 2,0 cm.

### **Idioma**

- Serão aceitos textos redigidos nos idiomas português, inglês e espanhol.

### **Tópicos do manuscrito**

- Os tópicos a compor o manuscrito devem ser apresentados cada um deles em página própria, obedecendo à seguinte sequência: página de identificação, resumo e descritores, texto, tabelas, gráficos e quadros, agradecimentos, referências.
- As páginas devem ser numeradas.

### **Página de identificação**

- a) título do artigo – completo, incorporando, se necessário, título complementar ou subtítulo, e conciso. Limite de 95 caracteres incluindo espaços.
- b) nome de cada autor por extenso, sem abreviações.
- c) qualificação de cada autor: graduação e titulação acadêmica (começando pela mais elevada).
- d) vínculo institucional, incluindo o departamento/setor, cidade, estado e país.
- e) endereço para correspondência e endereço eletrônico do autor responsável pelo manuscrito.
- f) no caso de o pesquisador ter recebido auxílio, mencionar o nome da agência financiadora e o respectivo número do processo.
- g) no caso de o manuscrito resultar de tese, indicar o nome do autor, título, ano e instituição onde foi apresentada.

### **Conflitos de Interesse**

Todos os participantes no processo de publicação e avaliação por pares devem revelar as relações que possam ser consideradas potenciais conflitos de interesses. Os conflitos de interesse existem quando um autor (ou sua instituição), o parecerista ou editor tem vínculos de ordem financeira ou pessoal que influencia impropriamente suas ações.

### **Resumos e palavras-chave**

**Resumo** — estruturado em português e inglês (*abstract*) com no máximo 250 palavras, enunciando introdução, objetivo do estudo ou investigação, metodologia, resultados e discussão, conclusões mais importantes. Texto escrito sequencialmente sem a menção dos subtítulos. (vide modelo no Anexo A).

**Palavras-chave** — citação de três a cinco palavras-chave tendo como referência o Vocabulário Controlado em Ciências da Saúde — DeCS da BIREME ou, se em inglês, do Medical Subject Headings (MeSH).

## Corpo do texto

**Texto** — A estrutura do manuscrito variará conforme a natureza do trabalho, se artigo original, artigo de revisão, relato de experiência, estudo de caso ou comunicação. (sobre a estrutura do manuscrito, consulte o item "Instruções aos autores/Seções).

**Tabelas, gráficos** — devem ser incorporados ao manuscrito desde que com as citações de: título, fonte, ano e dados complementares, se houver, e numerados consecutivamente, com algarismos arábicos, segundo a ordem de citação no texto.

**Ilustrações** — devem estar em alta resolução, com no mínimo 300 dpi.

a) se houver ilustração extraída de outro trabalho, previamente publicado, o autor deve solicitar autorização, por escrito, para sua reprodução.

b) caso sejam utilizadas imagens de pessoas, só serão veiculadas se acompanhadas de permissão por escrito para divulgação.

**Abreviaturas e Símbolos** — se houver, devem ser incorporados ao manuscrito de forma padronizada, seguidos das respectivas legendas.

## Agradecimentos

Ao final do manuscrito, podem ser mencionados os agradecimentos, destacando: as contribuições de profissionais por orientações técnicas e/ou apoio financeiro ou material, especificando a sua natureza. Os citados nos agradecimentos devem autorizar expressamente sua menção. Os autores devem se responsabilizar, mediante assinatura de termo específico, por essa autorização.

## Referências

a) cada **citação no texto** deve ser indicada com um número sobrescrito.

b) as referências devem ser apresentadas segundo as “*Orientações para publicação de referências em artigos científicos na área da saúde*”, conforme a normalização de Vancouver.

**Exemplos** segundo *Requisitos de uniformidade para manuscritos submetidos a periódicos biomédicos e declarações suplementares do Comitê Internacional de Editores de Periódicos Médicos* (Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: writing and editing for Medical Publication):

## Como citar periódicos

### 1. Artigo de periódico

**Escreva os seis primeiros autores seguidos por et al. (Recomendamos que sejam escritos todos os autores)**

Neves-Arruda E, Bittencourt MS, Gonçalves FA. Atributos profissionais dos cuidadores da pessoa com câncer: perspectiva de enfermeiras. *Cogitare Enferm.* 1996 Jun 30;1(1):85-90.

**Como opção, se o periódico tiver sua paginação continuada durante todo o volume (como muitos periódicos médicos fazem), o mês e o dia podem ser omitidos:**

Neves-Arruda E, Bittencourt MS, Gonçalves FA. Atributos profissionais dos cuidadores da pessoa com câncer: perspectiva de enfermeiras. *Cogitare Enferm.* 1996;1(1):85-90.

**Mais de seis autores:**

Martins LC, Latorre MRDO, Cardoso MRA, Gonçalves FLT, Saldiva PHN, Braga ALF, et al. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe na cidade de São Paulo, Brasil. Rev Saúde Pública. 2002;36(1):88-94.

**Como opção, uma única base de dados pode ser citada:**

Neves-Arruda E, Bittencourt MS, Gonçalves FA. Atributos profissionais dos cuidadores da pessoa com câncer: perspectiva de enfermeiras. Cogitare Enferm. 1996;1(1):85-90. LILACS Id: 265203.

**2. Volume com suplemento**

Mendonça MHM. O desafio da política de atendimento à infância e à adolescência na construção de políticas equitativas. Cad Saúde Pública. 2002;18 Supl 1:S113-20.

**3. Número com suplemento**

Glauser TA. Integrating clinical trial data into clinical practice. Neurology. 2002;58(12 Suppl 7):S6-12.

**4. Paginação em numerais romanos**

Chadwick R, Schuklenk U. The politics of ethical consensus finding. Bioethics. 2002;16(2):iii-v.

**Como citar livros e monografias****5. Autor(es) pessoal(ais)**

Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical microbiology. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2002.

**6. Editor(es), compilador(es) como autor(es)**

Gilstrap LC 3rd, Cunningham FG, VanDorsten JP, editors. Operative obstetrics. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2002.

**7. Capítulo de livro**

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. The genetic basis of human cancer. New York: McGraw-Hill; 2002. p. 93-113.

**8. Anais de congresso**

Harnden P, Joffe JK, Jones WG, editors. Germ cell tumours V. Proceedings of the 5th Germ Cell Tumour Conference; 2001 Sep 13-15; Leeds, UK. New York: Springer; 2002.

**9. Apresentação em congresso**

Christensen S, Oppacher F. An analysis of Koza's computational effort statistic for genetic programming. In: Foster JA, Lutton E, Miller J, Ryan C, Tettamanzi AG, editors. Genetic programming. EuroGP 2002: Proceedings of the 5th European Conference on Genetic Programming; 2002 Apr 3-5; Kinsdale, Ireland. Berlin: Springer; 2002. p. 182-91.

**10. Dissertação**

Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Central Michigan University; 2002.

## Como citar outros trabalhos publicados

### 11. *Artigo de jornal*

Tynan T. Medical improvements lower homicide rate: study sees drop in assault rate. The Washington Post. 2002 Aug 12;Sect. A:2 (col. 4).

### 12. *Material audiovisual*

Chason KW, Sallustio S. Hospital preparedness for bioterrorism [videocassette]. Secaucus (NJ): Network for Continuing Medical Education; 2002.

### 13. *Legislação*

**Lei:** Veterans Hearing Loss Compensation Act of 2002, Pub. L. No. 107-9, 115 Stat. 11 (May 24, 2001).

### 14. *Dicionários e referências similares*

Dorland's illustrated medical dictionary. 29th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2000. Filamin; p. 675.

## Material eletrônico

### 15. *CD-ROM*

Anderson SC, Poulsen KB. Anderson's electronic atlas of hematology [CD-ROM]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

### 16. *Artigo de periódico na Internet*

Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. Am J Nurs [Internet]. 2002 Jun [cited 2002 Aug 12];102(6):[about 1 p.]. Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htmArticle>

### 17. *Monografia na Internet*

Foley KM, Gelband H, editors. Improving palliative care for cancer [Internet]. Washington: National Academy Press; 2001 [cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.nap.edu/books/0309074029/html/>

### 18. *Homepage*

Cancer-Pain.org [Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2002 May 16; cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org/>

## NORMAS DA REVISTA DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

### NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

#### *Escopo da Revista*

A revista *Desenvolvimento e Meio Ambiente* é editada pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (PPGMADE) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os principais objetivos da revista são publicar artigos de qualidade sobre temas socioambientais nos âmbitos local, nacional e internacional e divulgá-los amplamente em vários circuitos acadêmicos. Ancorado em uma perspectiva interdisciplinar, o foco central da revista é a discussão de problemáticas que se inscrevam na intersecção entre sociedade e natureza. Seu foco socioambiental busca uma visão inovadora, multidimensional e abrangente, que se origine em um diálogo profundo entre os vários campos do conhecimento científico. Artigos de caráter estritamente disciplinar ou de natureza exclusivamente técnica deverão ser encaminhados para outros periódicos e não serão considerados para publicação, independentemente da sua qualidade.

#### *Tipos de publicação*

A *Desenvolvimento e Meio Ambiente* é uma revista eletrônica (*online*), disponível para consulta e submissão no endereço [www.ser.ufpr.br/made](http://www.ser.ufpr.br/made). Recebe os trabalhos em fluxo contínuo e eventualmente organiza dossiês temáticos publicados junto aos volumes regulares ou em volumes especiais. **São aceitos: (i) artigos originais e de revisão; (ii) ensaios; (iii) resenhas de livros publicados recentemente; e (iv) conferências.** Eventualmente a revista republicará artigos de grande interesse, traduzidos ou não. Neste caso, os responsáveis pela tradução e submissão do artigo devem informar aos Editores que possuem autorização do(s) autor(es) e/ou da revista onde foi publicado para a republicação do artigo, traduzido ou na língua original.

#### *Regras e políticas*

A submissão e o acompanhamento do processo de avaliação dos trabalhos enviados a *Desenvolvimento e Meio Ambiente* serão feitos exclusivamente através do Sistema Eletrônico de Revistas – SER da UFPR, no endereço eletrônico [www.ser.ufpr.br/made](http://www.ser.ufpr.br/made). É necessário que pelo menos um dos autores faça um **CADASTRO** prévio no sistema antes da submissão, marcando a opção **AUTOR**. Um dos autores deverá ser designado como Autor de Correspondência, o qual ficará responsável pela comunicação via email.

Não serão aceitos trabalhos submetidos via email ou correio. Caso o autor não consiga acessar adequadamente o sistema, deve entrar em contato com os Editores pelo email: [revistamade@gmail.com](mailto:revistamade@gmail.com). Os trabalhos submetidos não devem estar em avaliação por qualquer outra revista e devem ter sido aprovados pelos autores. Ao concluir a submissão de

um trabalho, todos os autores automaticamente aceitam as regras e políticas aqui apresentadas.

É função dos Editores avaliar preliminarmente o conteúdo do trabalho submetido e, caso haja restrições à publicação, não designá-lo para avaliação por pares, o que será comunicado aos autores. Os Editores poderão também realizar ou solicitar, quando julgarem necessário, pequenas modificações nos originais, visando uma melhor adequação aos padrões da revista. Artigos fora destas Normas para Publicação não serão aceitos.

Os trabalhos aprovados pelos Editores para avaliação por pares serão encaminhados para, no mínimo, dois avaliadores colaboradores da revista. A avaliação é feita pelo processo duplo-cego, no qual os avaliadores não têm acesso ao(s) nome(s) do(s) autor(es) e vice-versa. O corpo de avaliadores da Revista é formado apenas por pesquisadores doutores de instituições brasileiras e estrangeiras. A avaliação é feita levando em conta o conteúdo, a estruturação do texto e a redação. Os avaliadores recomendarão a aceitação, a rejeição ou a solicitação de modificações obrigatórias. Cabe aos Editores a decisão final sobre a aceitação ou não do trabalho, com base nos pareceres emitidos pelos avaliadores. A situação dos artigos submetidos pode ser acompanhada através do sistema ([www.ser.ufpr.br/made](http://www.ser.ufpr.br/made)) com o login utilizado para a submissão.

Os Direitos Autorais sobre trabalhos publicados nesta revista são do autor, com direitos de primeira publicação para a revista. O conteúdo dos trabalhos publicados é de inteira responsabilidade dos autores. Como a revista é de acesso público (*open access*), os trabalhos são de uso gratuito em aplicações educacionais e não-comerciais. Os nomes e endereços de email neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.

Toda correspondência deverá ser encaminhada aos Editores, através do email [revistamade@gmail.com](mailto:revistamade@gmail.com) ou endereço a seguir:

Universidade Federal do Paraná – UFPR  
Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento  
Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente  
Rua dos Funcionários, 1540 – Juvevê  
CEP. 80.035-050 – Curitiba – Paraná – Brasil

### ***Informações para submissão no sistema (SER)***

**O(s) nome(s) do(s) autor(es) NÃO devem constar no arquivo do texto a ser submetido e serão inseridos no sistema durante o processo de submissão.**

No “**Passo 3. Metadados da submissão (Indexação)**” do processo de submissão no sistema, as informações destacadas abaixo devem ser **OBRIGATORIAMENTE** preenchidas, **para todos os autores**, conforme orientação abaixo:

a) **Prenome, nome do meio e sobrenome:** colocar o nome completo, sem abreviações, correspondente a cada campo.

b) **Email:** email de contato do autor e que será posteriormente disponibilizado no arquivo final da publicação.

c) **URL:** neste campo pode-se colocar o endereço do Currículo Lattes (ex. <http://lattes.cnpq.br/4038470820319711>), ou outro link para o Currículo do Autor ou, ainda, deixar em branco.

d) **Instituição/Afiliação:** vínculo institucional do Autor (exemplos: Professor do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento – PPGMADE da Universidade Federal do Paraná – UFPR; ou Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento – PPGMADE da Universidade Federal do Paraná – UFPR; ou o cargo que possui em alguma instituição pública ou privada; etc.).

e) **País:** país do vínculo institucional.

f) **Resumo da Biografia:** indicar a formação do autor (área e instituição em que concluiu o respectivo curso) da graduação e da última titulação (indicando se especialização, mestrado ou doutorado).

### *Estrutura e formatação*

A *Desenvolvimento e Meio Ambiente* publica trabalhos em **português, inglês, espanhol e francês**. Os artigos devem ser enviados em sua língua original, **sendo obrigatório título, resumo e palavras-chave na língua original, em português e inglês**.

Devem ser digitados em *OpenOffice* ou *MS Word* (salvos na extensão .doc ou .docx), em tamanho de folha A4, margens superior e inferior de 2,5 cm e esquerda e direita de 3,0 cm, com 1,5 de espaço entre linhas, fonte *Times New Roman* tamanho 12, texto alinhado à esquerda e todas as páginas numeradas.

As **tabelas e figuras** devem estar numerados em algarismos arábicos, com legendas em fonte tamanho 10 e inseridos ao longo do texto, no primeiro ponto conveniente após sua primeira menção. São aceitas figuras coloridas, preferencialmente em formato JPEG, embora também sejam aceitáveis os formatos GIF, TIFF, BMP e PNG. Mapas e fotos são considerados Figuras e assim devem estar denominados no trabalho. No arquivo com o artigo para submissão, a qualidade das figuras deve ser suficiente para avaliação, mas, se necessário, pode ser inferior à versão final, de modo que o arquivo não ultrapasse 5 MB. Se o artigo for aceito, as figuras poderão ser novamente fornecidas em melhor resolução para a versão de publicação (no mínimo 300 dpi), devendo ser enviadas separadamente com a respectiva identificação (ex. Figura 1).

Os títulos das **seções** devem estar numerados em algarismos arábicos, destacados em negrito (ex. **1. Introdução**), e as **subseções**, em qualquer nível, numeradas e apenas em itálico. **Os artigos e ensaios não podem passar de 30 páginas, as resenhas de 5 páginas e as conferências de 20 páginas, incluindo figuras, tabelas, quadros e referências.**

A estrutura dos **artigos e ensaios** deve ser a seguinte:

- a) Título na língua original, português e inglês.
- b) Resumo (com no máximo 300 palavras) na língua original, português e inglês, acompanhados de três a cinco palavras-chaves em cada um dos idiomas.
- c) Introdução.
- d) Corpo do artigo, com as seções julgadas pertinentes pelos autores.
- e) Agradecimentos (opcional).
- f) Referências.

As **resenhas e conferências** não necessitam apresentar a estrutura acima. No caso das resenhas, deve ser apresentada no início a referência completa da obra (conforme as normas

para as referências abaixo) na língua original. Nas conferências deve ser indicado o evento, o local e a data em que foi proferida.

As **notas de rodapé** devem estar no fim da página (e não do documento) e numeradas em algarismos arábicos, fonte *Times New Roman* tamanho 10, alinhado à esquerda.

### ***Citações e referências***

Deve-se evitar a citação de monografias, dissertações, teses, resumos e artigos completos publicados em anais de eventos, bem como relatórios de difícil acesso. Sempre que houver um número de DOI (*Digital Object Identifier*), indicá-lo ao final da referência. No caso de artigos sem DOI, mas disponíveis em endereços eletrônicos de **revistas de livre acesso**, indicar o link (“Disponível em: link”) ao final da referência.

As citações e referências devem seguir exemplos abaixo. As citações devem estar ordenadas pelo ano. Exemplos para as citações: “segundo Deléage (2007), Toledo & Barrera-Bassols (2009) e Pinheiro *et al.* (2010)...”; (Deléage, 2007; Toledo & Barrera-Bassols, 2009; Pinheiro *et al.*, 2010); (Moran, 1994, p. 17); (Deléage, 2007a; 2007b). A lista de referências deve estar em ordem alfabética dos autores.

### ***Livro***

Vinha, V. (Org.). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

Ostrom, E. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, 1990.

Almeida, J. R. de; Bastos, A. C. S.; Malheiros, T. M.; Silva, M. da D. *Política e planejamento ambiental*. Rio de Janeiro: THEX Editora, 3. ed., 2004.

### ***Capítulo de livro***

Faria, C. A. P. de. A multidisciplinaridade no estudo das políticas públicas. *In: Marques, E.; Faria, C. A. P. de F. (Orgs.). A política pública como campo multidisciplinar*. São Paulo: Editora Unesp; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p. 11-21, 2013.

Davidson-Hunt, I. L.; Berkes, F. Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective. *In: Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. (Eds.) Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, 2003. p. 53-82.

### ***Artigos de periódico***

Gadda, T. M. C.; Marcotullio, P. J. Changes in Marine Seafood Consumption in Tokyo, Japan. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 26, 11-33, 2012. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/made/article/view/26043/19669>

Walker, P. A. Political ecology: where is the politics? *Progress in Human Geography*, 31(3), 363-369, 2007. doi: 10.1177/0309132507077086

### ***Teses e Dissertações***

Bitencourt, N. de L. da R. *A problemática da conservação ambiental dos terrenos de marinha: o caso da Orla do Canal da Barra da Lagoa, Ilha de Santa Catarina, Brasil*. Florianópolis, Tese (Doutorado em Geografia) – UFSC, 2005.

### ***Documentos em formato eletrônico***

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo*, 2007. Disponível em: <[www.mct.gov.br/upd\\_blob/7844.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/7844.pdf)>. Acesso em: jan. 2008.

### ***Constituição, Leis, Decretos e Resoluções***

Brasil. *Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988*. 11. ed. São Paulo, Atlas 1998.

Brasil. *Lei n.º 10.406, de 10 de janeiro de 2002*. Institui o Código Civil. Brasília: DOU de 11/1/2002.

Brasil. *Decreto n.º 5.300, de 7 de dezembro de 2004*. Regulamenta a Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Brasília: DOU de 8/12/2004.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 004, de 18 de setembro de 1985*. Brasília: DOU de 20/1/1986.

### ***Trabalhos em anais de congresso***

Moura, R.; Kleinke, M. de L. U. Espacialidades e institucionalidades: uma leitura do arranjo sócio-espacial e do modelo de gestão das regiões metropolitanas do sul do Brasil. *In: Anais do Encontro Anual da ANPOCS*. Petrópolis, 24 de out., 2000.

**Autorização para atividades com finalidade científica**

Número: 52380-1

Data da Emissão: 02/02/2016 15:12

Data para Revalidação\*: 03/03/2017

\* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

**Dados do titular**

Nome: Raul Santos Alves

CPF: 057.367.085-40

Título do Projeto: Estratégias de biomonitoramento do Rio Catolé Grande, no município de Itapetinga, BA, com o uso de peixes como indicadores de qualidade de água

Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

CNPJ: 13.069.489/0001-08

**Cronograma de atividades**

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coletas	03/2016	01/2017

**Observações e ressalvas**

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.ibama.gov.br">www.ibama.gov.br</a> (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

**Outras ressalvas**

1	No caso dos exemplares coletados que serão eutanasiados para fixação e armazenamento no Laboratório de Biologia da UESB, para posteriores análises morfológicas e histológicas recomendo adotar os procedimentos regulamentados nas Resoluções do CFBio 301/2012 e do CFMV 1000/2012
---	--

**Equipe**

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Alaor Maciel Junior	Colaborador	674.383.776-87	159476410 SSP-SP	Brasileira
2	Cláudia Maria Reis Raposo Maciel	Orientadora	002.632.586-10	101567148 SSP-BA	Brasileira

**Locais onde as atividades de campo serão executadas**

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	ITAPETINGA	BA	Rio Catolé Grande, no município de Itapetinga, BA.	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 51838623**

**Autorização para atividades com finalidade científica**

Número: 52380-1

Data da Emissão: 02/02/2016 15:12

Data para Revalidação\*: 03/03/2017

\* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

**Dados do titular**

Nome: Raul Santos Alves

CPF: 057.367.085-40

Título do Projeto: Estratégias de biomonitoramento do Rio Catolé Grande, no município de Itapetinga, BA, com o uso de peixes como indicadores de qualidade de água

Nome da Instituição : UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

CNPJ: 13.069.489/0001-08

**Atividades X Táxons**

#	Atividade	Táxons
1	Captura de animais silvestres in situ	Actinopterygii
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Actinopterygii (*Qtde: 200)

\* Quantidade de indivíduos por espécie, por localidade ou unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

**Material e métodos**

1	Amostras biológicas (Peixes)	Fragmento de tecido/órgão, Sangue
2	Método de captura/coleta (Peixes)	Tarrafa, Puçá, Outros métodos de captura/coleta (Rede de barranco), Rede de emalhar (emalhe de deriva, de fundo, malhadeiras, caceio, feiçadeiras, tresmalhos e caçoieira)

**Destino do material biológico coletado**

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 51838623





**Autorização para atividades com finalidade científica**

<b>Número: 52380-1</b>	<b>Data da Emissão: 02/02/2016 15:12</b>	<b>Data para Revalidação*: 03/03/2017</b>
------------------------	--	---

\* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

**Dados do titular**

Nome: Raul Santos Alves	CPF: 057.367.085-40
Título do Projeto: Estratégias de biomonitoramento do Rio Catolé Grande, no município de Itapetinga, BA, com o uso de peixes como indicadores de qualidade de água	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB	CNPJ: 13.069.489/0001-08

\* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio no Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 51838623**



## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Estratégias de biomonitoramento do Rio Catolé Grande, no município de Itapetinga-BA, com o uso de peixes como indicadores de qualidade de Água", registrada com o nº 129/2016, sob a responsabilidade de Cláudia Maria Reis Raposo Maciel, UESB (DCEN – Campus de Itapetinga) - que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8/10/2008, do Decreto nº 6.899, de 15/07/2009 e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), conforme determinação da reunião ocorrida em 15/04/2015.

Vigência da autorização	23/03/2016 a 05/03/2017
Finalidade	( ) Ensino (x) Pesquisa Científica
Nº da Solicitação ou Autorização SISBIO	52380-1
Atividades	Captura - sim Coleta de espécimes - sim Marcação - não Outras: sim
Espécies/Grupos Taxonômicos	Peixe / Actinopterygii
Locais de realização das atividades	Rio Catolé Grande, Itapetinga – Ba Lab. Biologia – UESB/Campus de Itapetinga

Lembramos ao pesquisador que:

- O responsável pela proposta encaminhará à CEUA, ao final do estudo, um relatório de uso de animais. O relatório deverá conter informações básicas acerca da proposta de acordo com o roteiro publicado em conjunto com a RN nº 4 do CONCEA publicado no DOU em 19/04/2012.
- No caso da necessidade da continuidade das propostas usando animais para fins científicos ou didáticos é obrigatório o envio do Relatório à CEUA acrescido da justificativa.
- Para os casos da continuidade de propostas, após a análise do relatório e de esclarecimentos adicionais, se necessário, a CEUA pode deferir, suspender, ou requerer modificação dos mesmos, dentro de suas atribuições.

Itapetinga, 23 de março de 2016.

*Sônia Martins Teodoro*

**Dr<sup>a</sup>. Sônia Martins Teodoro**

Coordenadora CEUA/UESB