

## ESTUDOS PRELIMINARES DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA EM TILÁPIAS DO NILO MACHOS (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1759)

Fernando Henrique Rodrigues Borin<sup>1</sup>  
Paulo Roberto Rodrigues Ramos<sup>2</sup>  
Helton Carlos Delicio<sup>3</sup>  
Marco Antonio Rodrigues Fernandes<sup>4</sup>  
Joel Mesa Hormaza<sup>2</sup>

### RESUMO

Pesquisas com espécies de peixes submetidas à radiação ionizante são ainda raras. No presente trabalho, objetivou-se avaliar a resistência de tilápias submetidas a doses de radiação gama absorvida em corpo inteiro: 0Gy, 5Gy, 10Gy, 20Gy, 39Gy, 77Gy e 154Gy. Para cada intervalo de dose, foram utilizados dois exemplares machos. Os peixes que receberam as doses 5Gy, 10Gy e 20Gy comportaram-se normalmente quanto à alimentação e padrão de deslocamento no aquário; não apresentando comprometimento neurológico e nem óbitos. Os que receberam 39Gy, 77Gy e 154Gy demonstraram inapetência e sinais de desorientação espacial, em média, em 11 dias após radiação. Em quatro dos seis exemplares, observou-se o desenvolvimento de lesões tegumentares na superfície corpórea. Os que receberam 39Gy, desenvolveram lesões tumorais; um dos que receberam 77Gy, desenvolveu lesão tegumentar próximo à nadadeira dorsal. Dos que receberam 154Gy, um peixe desenvolveu lesão tegumentar aparentemente necrótica próximo à cauda. A sobrevivência do grupo que recebeu 39Gy foi em média 12,5 dias, os que receberam 77Gy, 11,5 dias e o grupo de 154Gy, 10 dias.

**Palavras-chave:** radiação gama, efeito biológico, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1759).

### PRELIMINARY STUDIES OF GAMMA RADIATION EFFECTS IN MALE NILE TILAPIA FISHES (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1759)

### ABSTRACT

Surveys about the response of fish species subjected to ionizing radiation are still sparse. The present work aimed to evaluate the resistance of tilapia subjected to gamma radiation doses absorbed in the whole body: 0Gy, 5Gy, 10Gy, 20Gy, 39Gy, 77Gy and 154Gy. For each dosing interval, two male specimens were used. Fishes that received doses 5Gy, 10Gy and 20Gy, showed a normal behavior on food intake and in pattern of displacement in the aquarium, showing neither neurological damages nor deaths. Those who received 39Gy, 77Gy and 154Gy, demonstrated lack of appetite and signs of spatial disorientation 11 days after radiation, on average. In four of the six subjects the development of lesions in the soft tissue body surface was observed. Fishes that received 39Gy developed tumors and an animal who received 77Gy developed a cutaneous lesion near the dorsal fin. For those who received 154Gy, a fish developed an apparently necrotic cutaneous lesion near the tail. In the group that received 39Gy, the survival period was an average of 12.5 days, for the fishes which received 77Gy; 11.5 days and in the group of 154Gy, 10 days.

**Keywords:** gamma radiation, biological effect, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1759).

<sup>1</sup> Bacharel em Física Médica, Estagiário do Departamento de Física e Biofísica IBB, UNESP, Botucatu. Contato principal para correspondência

<sup>2</sup> Professor Assistente Doutor do Departamento de Física e Biofísica IBB, UNESP, Botucatu.

<sup>3</sup> Professor Assistente Doutor do Departamento de Fisiologia, IBB, UNESP, Botucatu.

<sup>4</sup> Professor Assistente Doutor do Departamento de Dermatologia e Radioterapia, FM, UNESP, Botucatu.

## ESTUDIOS PRELIMINARES DE LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN GAMMA EN MACHOS DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1759)

### RESUMEN

La investigación de especies de peces sometidas a radiación ionizante es aún escasa. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la resistencia de tilapias sometidas a dosis de radiación gamma de cuerpo entero: 0Gy, 5Gy, 10Gy, 20Gy, 39Gy, 77Gy y 154Gy. Para cada intervalo de dosis, se utilizaron dos especímenes machos. Los peces que recibieron dosis de 5Gy, 10Gy y 20Gy, se comportaron normalmente durante la alimentación, sin alteraciones en el patrón de sus desplazamientos en el acuario y sin mostrar lesiones neurológicas o muertes. Los que recibieron 39Gy, 77Gy y 154Gy demostraron falta de apetito y signos de desorientación espacial, como promedio, 11 días después de la irradiación. En cuatro de los seis sujetos se observó el surgimiento de lesiones en la superficie del cuerpo del tejido blando. Los peces que recibieron 39Gy desarrollaron tumores y en un pez que recibió 77Gy apareció una lesión cutánea en la región de la aleta dorsal. De los que recibieron 154Gy, un pez tuvo lesiones cutáneas, aparentemente necróticas, cerca de la cola. La supervivencia del grupo que recibió 39Gy fue un promedio de 12,5 días, entre los que recibieron 77Gy, 11,5 días y en el grupo de 154Gy, 10 días..

**Palabras clave:** radiación gamma, efecto biológico, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus,1759).

A literatura é escassa quanto ao estudo de possíveis efeitos radiobiológicos ocasionados no meio ambiente circunvizinho às instalações nucleares. Acidentes de altas magnitudes ocorrem por falha humana ou por evento catastrófico ambiental não previsível. Eles podem ser prevenidos por treinamento humano adequado, controle da qualidade dos equipamentos e monitoramento ambiental constante (1).

Variações bioquímicas afetando a fisiologia de peixes ocorrem como resultado do estresse ambiental (2). Trabalhos empregando peixes de diferentes espécies, relacionando modificações bioquímicas a estresse ambiental podem ser encontrados em: *Piaractus mesopotamicus* (3), *Oreochromis niloticus* (4) e no *Colossoma macropomum* (5). Poucos trabalhos são encontrados na literatura com o emprego de radiações ionizantes como agente estressor em peixes. A combinação de baixas doses de radiação gama com metais pesados, em salmão, provocou alterações nas proteínas; ao empregarem apenas baixas doses de radiação não se observam alterações protéicas (6).

O efeito biológico aparece como uma resposta natural do organismo, ou parte dele, a um agente físico (radiação) provocando um efeito químico (modificação de uma molécula) resultando em um efeito biológico. Numa exposição à radiação X ou gama, pode ocorrer uma redução de leucócitos, hemácias e plaquetas e, após algumas semanas, tudo retornar aos níveis anteriores de contagem destes elementos no sangue (7).

Pesquisas com radioterapia em medicina veterinária mostraram que os protocolos clínicos utilizados em seres humanos, do ponto de vista de doses prescritas e fracionadas, podem ser aplicados integralmente a cães e gatos (8,9). Além disso, os estudos mostraram que as doses limiares para os efeitos agudos da radiação, bem como as suas intensidades, percebidos em pequenos animais, são semelhantes aos verificados nos pacientes humanos (10). No presente trabalho objetivou-se avaliar a resistência de tilápias submetidas a doses progressivas de radiação gama absorvida em corpo inteiro, num período de 30 dias.

Foram utilizados um total de 14 exemplares machos de tilápias do nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1759) com comprimento padrão entre 11cm e 12cm, com peso de 50g a 60g, adquiridos de produtores particulares, mantidos em aquários experimentais com

qualidade da água monitorada e em condições ideais para a espécie. A alimentação era “ad libitum” com ração comercial para peixes tropicais (35% proteína).

Os peixes foram colocados em recipientes individuais numerados, com capacidade de 1,5L de água. Em seguida, foram expostos à radiação gama, por meio de uma unidade telecobaltoterapia, com campo de radiação envolvendo toda a extensão do espaço onde os peixes foram posicionados. Na determinação do tempo de exposição, foram obedecidos os parâmetros radiométricos que garantiram a uniformidade do campo de radiação. Os intervalos escolhidos de dose absorvida foram 0Gy, 5Gy, 10Gy, 20Gy, 39Gy, 77Gy e 154Gy; para cada intervalo de dose irradiaram-se dois exemplares. As doses foram aferidas mediante ao emprego de câmara de ionização calibrada para a energia de radiação do  $^{60}\text{Co}$ , seguindo o Protocolo de Dosimetria TRS-398 da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

Para uma melhor distribuição da irradiação, o procedimento foi realizado em duas etapas. Metade da dose foi aplicada do lado direito e outra metade do lado esquerdo, determinando o cálculo da dose no meio da distância latero-lateral do recipiente, e assim garantindo a homogeneidade na distribuição da dose de radiação.

Após serem expostos à radiação gama, os peixes foram mantidos em aquários de vidro individuais (22cm x 22cm x 40cm, 19L) com as condições de manutenção anteriormente descritas. Foi realizado um acompanhamento diário, ininterruptos, no qual era oferecida ração uma vez ao dia no período diurno e observados os comportamentos alimentares e natatórios.

Os peixes que receberam as doses 5Gy, 10Gy e 20Gy, consideradas altas do ponto de vista radiobiológico, comportaram-se normalmente quanto à alimentação. Mantinham um padrão de deslocamento no aquário que não revelava comprometimento neurológico que afetasse sua orientação espacial. Provavelmente, o sistema de reparo pode ter atuado recuperando moléculas lesadas.

Quanto aos que receberam 39Gy, 77Gy e 154Gy, observou-se que, em média de 11 dias após radiação, demonstraram inapetência e sinais de desorientação espacial. Observou-se o desenvolvimento de lesões tegumentares de quatro dos seis exemplares. Os que receberam 39Gy desenvolveram lesões tumorais (Figura 1a e 1b). Dos peixes que receberam 77Gy, um desenvolveu lesão tegumentar próximo à nadadeira dorsal (Figura 2a). Dos que receberam 154Gy, um peixe desenvolveu lesão tegumentar aparentemente necrótica próximo à cauda (Figura 2b). A sobrevivência do grupo que recebeu 39Gy foi em média 12,5 dias, os que receberam 77Gy, 11,5 dias e o grupo de 154Gy, 10 dias. Considerando-se os efeitos radiobiológicos observados em seres humanos, os sistemas envolvidos são o circulatório, particularmente o tecido hematopoiético, o gastrointestinal e o nervoso central. A ocorrência dos sintomas é diretamente proporcional à dose de radiação total absorvida. Tais observações corroboram o que foi observado nos peixes experimentais: inapetência, desorientação espacial e morte. Estes sinais e sintomas clínicos aparecem em vítimas de acidentes radiobiológicos caracterizando a síndrome aguda da radiação. A exposição a radiações ionizantes ou a contaminação por radioisótopos, pode resultar em valores elevados de dose absorvida, envolvendo partes do corpo ou todo o corpo. Estas exposições ocorrem em situações de acidente, como os de Fukushima, Chernobyl e Goiânia. Dessa forma, depreende-se que os peixes irradiados nas condições acima sofreram modificações bioquímicas que levaram à morte. A tilápia mostrou-se um modelo interessante para estudo neste campo. Avaliações histopatológicas, possíveis comprometimentos de órgãos internos e parâmetros metabólicos e bioquímicos enriquecerão as observações aqui efetuadas.

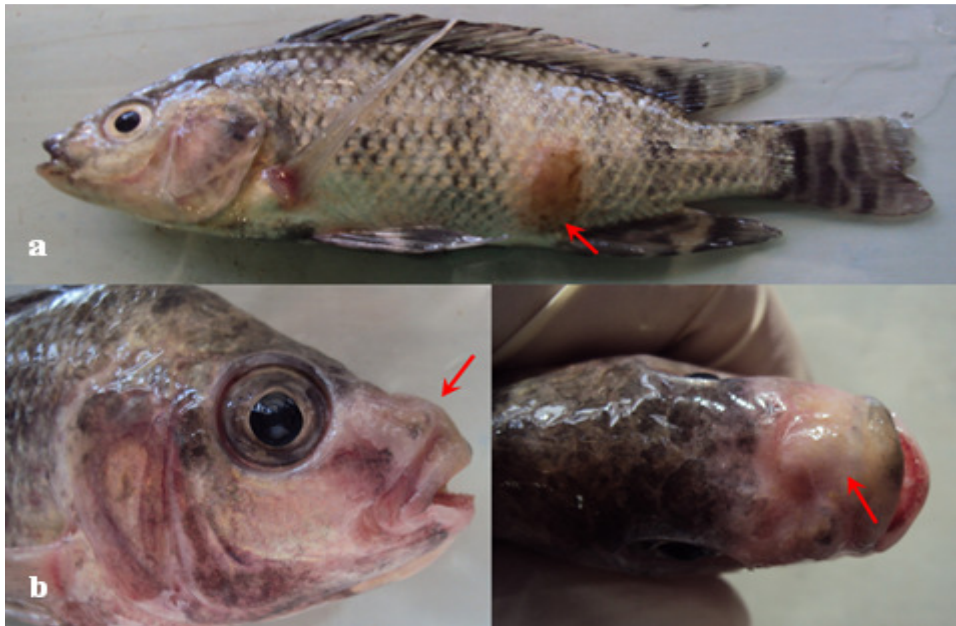


Figura 1. Exemplos machos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) irradiados com 39Gy, com formações tumorais.

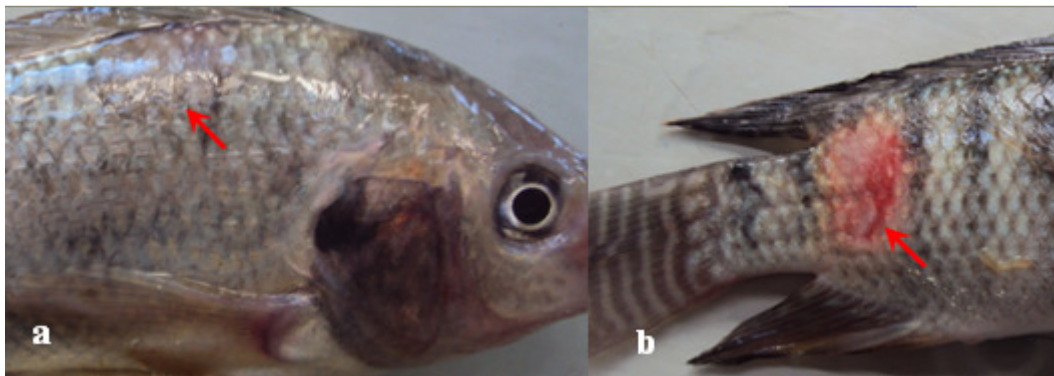


Figura 2. Exemplos machos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) com lesões tegumentares, irradiados com 77Gy (a) e 154Gy (b).

## REFERÊNCIAS

1. Xavier AM, Gaidano E, Moro JT, Heilbron PF. Princípios básicos de segurança e proteção radiológica. 3a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Comissão Nacional de Energia Nuclear; 2010.
2. Yada T, Nakanishi T. Interaction between endocrine and immune system in fish. *Int Rev Cytol.* 2002;220:35-92.
3. Martins ML. Efeito da suplementação com vitamina C sobre a reação inflamatória em *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 estressados [tese]. Jaboticabal: Centro de Aquicultura; 2000.
4. Barcellos LG, Souza SMG, Lucero LF. Estudos preliminares sobre o cortisol sérico em resposta ao estresse na tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Bol Inst Pesca.* 1997;24:239-245.

5. Gomes LC, Araujo-Lima CARM, Roubach R, Chippari-Gomes AR, Lopes NP, Urbinati EC. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. J World Aquac Soc. 2003;34:76-84.
6. Olsvik PA, Heier LS, Rosseland BO, Teien HC, Salbu B. Effects of combined g-irradiation and metal (Al þ Cd) exposures in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). J Environ Radioact. 2010;101:230-6.
7. Tauata L, Salati I, Di Prinzio R, Di Prinzio A. Radioproteção e dosimetria: fundamentos. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear; 2003.
8. Fernandes MAR, Andrade AL, Luvizotto MCR, Pierô JR, Ciarlini LRP. Radioterapia em Medicina Veterinária: princípios e perspectivas. Rev Bras Fís Méd. 2010;4:11-4.
9. Fernandes MAR, Ramos JR WC, Oliveira JR B, Andrade AL. Sistema de cálculo para determinação do tempo de exposição em radioterapia veterinária. Rev Bras Cancerol. 2011;57:23.
- 10 Fernandes MAR, Andrade AL, Luvizotto MCR. Eficácia da enrofloxacina no controle da infecção urinária de cães com carcinoma de células transicionais. Hora Vet. 2006;25:29-33.

**Recebido em: 13/05/2013**

**Aceito em: 22/02/2016**