

## CONCENTRAÇÃO LETAL DO GLIFOSATO PARA JUVENIS DE CURIMATÃ-PACU

Emília Tatiane Lopes da SILVA<sup>1</sup>; Maria Letícia Fernandes DIAS<sup>1</sup>; Marcelo Mattos PEDREIRA<sup>1</sup>; José Barbosa dos SANTOS<sup>1</sup>

### RESUMO

Neste trabalho objetivou-se determinar a CL<sub>50</sub> do herbicida glifosato (CL<sub>50</sub>) para curimatã-pacu, *Prochilodus argenteus*. O experimento, com duração de 96 horas, foi realizado na CODEVASF de Três Marias, MG, Brasil, utilizando-se 240 juvenis de curimatã-pacu (comprimento padrão de 6,4 ± 8,47 cm; e peso de 8,98 ± 3,91 g). Os animais foram submetidos a seis concentrações do herbicida: 0, 5, 10, 15, 20 e 40 mg L<sup>-1</sup> em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições cada. A cada 24 h foi observado o comportamento dos animais e a taxa de mortalidade, e em 48, 72 e 96 h foram estimadas as CL<sub>50</sub>. A CL<sub>50</sub> de glyphosate em 48, 72 e 96 h foram 20, 88; 19,91 e 19,09 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. O herbicida provocou natação errática nos peixes.

**Palavras-chave:** peixe, Atanor; CL<sub>50</sub>; herbicida; toxicidade.

## LETHAL CONCENTRATION OF GLYPHOSATE FOR JUVENILES OF CURIMATÃ-PACU

### ABSTRACT

This study aimed to determine the lethal concentration of glyphosate (CL<sub>50</sub>) for juveniles of curimatã-pacu, *Prochilodus argenteus*. The experiment was conducted in CODEVASF- Três Marias, MG, Brazil, during 96 h, using 240 juvenile fish (standard length 6.4 ± 8.47 cm and weight 8.98 ± 3.91 g), distributed in six herbicide concentrations: 0, 5, 10, 15, 20 and 40 mg L<sup>-1</sup> in a completely randomized design with four replications. Each 24 h was observed the animal's behavior and the mortality rate, and 48, 72 and 96 h CL<sub>50</sub> were estimated. The CL<sub>50</sub> of glyphosate at 48, 72 and 96 h were 20.88, 19.91 and 19.09 mg L<sup>-1</sup>, respectively. The herbicide provoked lethargic swimming of the fish.

**Key words:** fish, Athanor; CL<sub>50</sub>; herbicide; toxicity

---

<sup>1</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000 - Alto da Jacuba, Diamantina/Minas Gerais - Brasil. E-mail: emilia\_tatiane@yahoo.com.br; marialeticiafdias@yahoo.com.br; marcelomattospedreira@gmail.com; jbarbosasantos@yahoo.com.br

\*CAPES; FAPEMIG; BNB; CNPq

## INTRODUÇÃO

A piscicultura tem apresentado elevado crescimento nos últimos anos no Brasil devido a demanda por alimentos de alto valor nutricional (GOMES e SATO, 2011), grande disponibilidade de água e elevado número de espécies de peixes nativos cultiváveis (HAYASHI *et al.*, 2004). No entanto, a influência antropogênica sobre os recursos naturais e pesqueiros pode levar à sua contaminação (GOMES e SATO, 2011; BARBIERI *et al.*, 2016). Um potencial contaminador são os agrotóxicos, que vem acarretando sérios riscos às comunidades aquáticas dentre elas a população de peixes (JIRAUNGKOORSKUL *et al.*, 2002; BARBIERI, 2009; BARBIERI e FERREIRA, 2011) e à saúde humana (GOMES e SATO, 2011), tanto pelo consumo do peixe cultivado ou pelo contato direto das pessoas com a água.

Os agrotóxicos largamente utilizados em áreas agrícolas e urbanas são amplamente encontrados nos corpos hídricos e compreendem uma variedade de moléculas que lhes conferem diferentes graus de persistência ambiental, mobilidade, potenciais tóxico a diversos organismos não-alvos (ARMAS *et al.*, 2007). Desses agrotóxicos, os herbicidas apresentam potencial de impacto negativo para aquicultura (SILVA e SILVA, 2007; SOSO *et al.*, 2007), por serem passíveis de transporte para os recursos hídricos por escoamento superficial, volatilização e ou lixiviação (SILVA e SILVA, 2007). Como a maioria das pisciculturas se encontra próxima ou dentro das áreas agrícolas, esses produtos facilmente entram em contato com os peixes, contaminando-os, alterando o seu comportamento e podendo levá-los a morte (SOSO *et al.*, 2007).

Estima-se que no Brasil o comércio deste agroquímico represente 57,1% de todo o mercado brasileiro de defensivos agrícolas (SINDAG, 2013), sendo o glifosato, N-(fosfonometil) glicina, o herbicida mais utilizado (JIRAUNGKOORSKUL *et al.*, 2002). No entanto, ainda se observa a falta de informações sobre os efeitos relativos à exposição aos herbicidas (AUGUSTO *et al.*, 2005). A carência ainda é maior quanto aos trabalhos de toxicidade relacionados às espécies endêmicas, mesmos para aquelas de grande relevância para aquicultura, pesca e ambiental, como as da Bacia do Rio São Francisco e as demais nacionais.

O Rio São Francisco têm na sua região de submédio um dos principais polos monoculturais, com sua irrigação associada ao uso de agrotóxicos (BEDOR *et al.*, 2009). Sendo o *Prochilodus argenteus* (curimatã-pacu), uma espécie neotropical, migradora, endêmica da Bacia do Rio São Francisco, MG, que responde positivamente ao manejo reprodutivo, fato que o tem tornado de grande interesse para piscicultura (SATO *et al.*, 2003). Por ser uma espécie iliófaga, base da cadeia trófica, está mais sujeita a toxicidade provocada pela lixiviação de produtos como agroquímicos.

O objetivo deste estudo foi avaliar a concentração letal (CL<sub>50</sub>) do herbicida glifosato em 48, 72 e 96 horas, em juvenis de curimatã-pacu, avaliando sua sobrevivência e seu efeito no comportamento dos peixes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paraíba (CODEVASF), em Três Marias- MG, em abril de 2013, com posteriores análises no Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática da UFVJM, Diamantina, MG. Foram utilizados 240 juvenis de curimatã-pacu, com comprimento padrão,  $6,4 \pm 8,47$  cm e peso de  $8,98 \pm 3,91$  g. Os peixes foram aclimatados em laboratório por um período de sete dias (APHA, 2012), em tanque retangular (120 L), e alimentados duas vezes ao dia com ração comercial extrusada com umidade (máx.) 10%, proteína bruta (mín.) 50%, extrato etéreo (mín.) 4%, matéria fibrosa (máx.) 6%, matéria mineral (máx.) 18%, cálcio (máx.) 5%, fósforo (mín.) 0,15%, segundo especificações do fabricante. A alimentação foi suspensa 24 h antes do início do experimento, de acordo com as recomendações das normas de ensaio de toxicidade aguda com peixes, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993).

Os juvenis de curimatã-pacu foram distribuídos em 24 recipientes com capacidade de 10 L, em densidade de 2,5 juvenis L<sup>-1</sup>, em um sistema estático, com aeração constante e fotoperíodo natural. Os animais foram submetidos a seis concentrações do herbicida glifosato: 0, 5, 10, 15, 20 e 40 mg L<sup>-1</sup> em sua formulação comercial Atanor, cuja composição é

sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina (glyphosate), 48% m v<sup>-1</sup>; (equivalente em ácido de glyphosate, 36% m v<sup>-1</sup>) e concentração dos ingredientes inertes, 67,9% m v<sup>-1</sup>, por um período de 96 horas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições cada.

Os parâmetros físico-químicos da água: oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>), condutividade (μS cm<sup>-1</sup>), pH, turbidez (NTU) e potencial de oxirredução (mV), foram medidos por intermédio da sonda YSI Profissional Plus; amônia (mg L<sup>-1</sup>), alcalinidade (mg L<sup>-1</sup>) e dureza (mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>), sendo realizadas conforme métodos especificados em "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", editado pela "American Public Health Association" (APHA, 2012). O número de indivíduos de cada unidade experimental foi mensurado a cada 24 horas, para a obtenção do CL<sub>50</sub> e da sobrevivência, quando também era observado o comportamento dos indivíduos. A concentração letal média do

produto a 50% dos indivíduos (CL<sub>50</sub>) foi estimada utilizando o software trimmed Spearman-Kärber 1.5 (HAMILTON *et al.*, 1977). A avaliação do efeito dos níveis de concentração de glifosato sobre a sobrevivência foi aferida aplicando-se regressão linear ( $P < 0,05$ ), com o auxílio do programa SigmaStat 3.5.

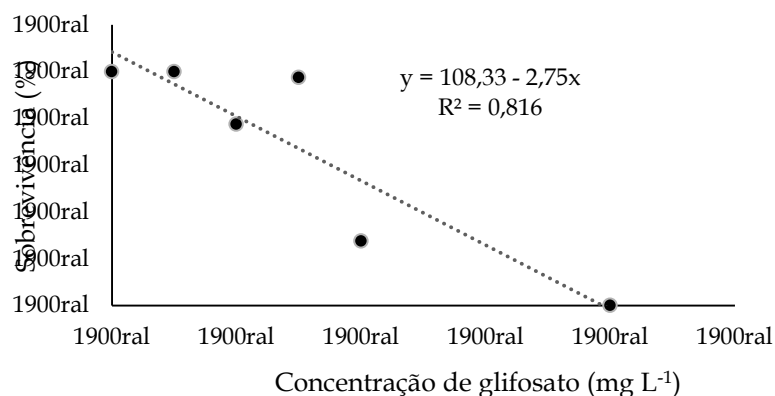
## RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade da água, mantiveram-se em média com  $9,7 \pm 0,3$  mg L<sup>-1</sup> para o oxigênio dissolvido,  $6,1 \pm 0,1$  μS cm<sup>-1</sup> para condutividade, pH de  $6,8 \pm 0,2$ , temperatura média de  $22,5 \pm 0,3$  °C. A amônia total mostrou-se inferior a  $0,5 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>, a alcalinidade em  $21,7 \pm 0,6$  mg L<sup>-1</sup> e a dureza  $17,8 \pm 0,4$  mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>.

A exposição ao herbicida proporcionou uma concentração letal (CL<sub>50</sub>) para 48, 72 e 96 horas de 20,88; 19,91 e 19,09 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios da concentração letal (CL<sub>50</sub>) do glifosato e seus respectivos limites inferiores e superiores, para juvenis de curimatã-pacu.

Tempo de exposição (h)	CL <sub>50</sub> (mg L <sup>-1</sup> )
48	20,88 (19,15 - 22,77)
72	19,91 (18,24 - 21,72)
96	19,09 (17,54 - 20,78)



**Figura 1.** Regressão linear ( $P < 0,05$ ) entre a sobrevivência do curimatã-pacu, observada durante 96 horas, a cada 24 horas, e a concentração do glifosato na água.

O aumento da concentração do glifosato proporcionou uma progressiva redução na taxa de sobrevivência do curimatã-pacu (Figura 1). A partir da concentração mínima de glifosato, 0,5 mg L<sup>-1</sup>, todos os juvenis ficaram inicialmente agitados, seguido de aumento no batimento opercular e posteriormente com natação errática e comportamento letárgico

## DISCUSSÃO

Os resultados observados para os parâmetros de qualidade de água encontraram-se dentro da faixa determinada como adequada para peixes de água doce (ARANA, 2004).

Segundo FOLMAR *et al.* (1979), herbicida a base de glifosato tem sua toxicidade aumentada com a elevação da temperatura e do pH do meio. Ao longo do experimento a temperatura observada foi baixa e o pH médio, quando comparadas àquelas observadas por VIEIRA e LÓPEZ (2003), para o local de ocorrência da espécie, o que levou a uma diminuição da letalidade do glifosato.

No presente estudo após 96 horas de exposição ao glifosato, os juvenis de curimatã-pacu demonstraram uma menor sensibilidade à substância quando comparado ao curimatã (*Prochilodus lineatus*) e outras espécies tropicais de comportamento e características similares, como o piaçu (*Leporinus macrocephalus*) (ALBINATI *et al.*, 2007). Porém, apresenta maior sensibilidade que os alevinos de jundiás, *Rhamdia quelen*, de 7,3 mg L<sup>-1</sup> (6,5 - 8,3), em uma temperatura de 22 ± 2 °C, e pH de 6,2 a 7,0 (KREUTZ *et al.*, 2008). Já SILVA *et al.* (2004), encontraram uma CL<sub>50</sub> em 96 horas de 10,0 mg L<sup>-1</sup> para a mesma espécie. A diferença de sensibilidade do curimatã-pacu ao glifosato em relação aos resultados encontrados na literatura para outras espécies de peixes deve-se à influência das condições físico-químicas da água e da sensibilidade própria da espécie teste.

Apesar de já terem sido realizados ensaios com espécies nativas como o curimatã (*P. lineatus*) (LANGIANO e MARTINEZ, 2008) e o jundiá (*R. quelen*) (SOSO *et al.*, 2007), poucos são os estudos de toxicidade aguda com o glifosato em espécies nativas brasileiras (ALBINATI *et al.*, 2007), o que ratifica a necessidade de se produzir estudos ecotoxicológicos com espécies de peixes

nativas e sob condições tropicais, para que os dados obtidos a partir destes sejam usados para avaliação de riscos à saúde animal e ambiental.

Durante as avaliações em 0, 24, 48, 72 e 96 horas após o início da exposição, os animais inicialmente apresentaram agitação, perda da capacidade de arfagem, aumento do batimento opercular, natação errática e comportamento letárgico, corroborando o observado em outras espécies submetidas a agroquímicos (ALBINATI *et al.*, 2007; GOLOMBIESKI *et al.*, 2008). Consequentemente observou-se mortalidade durante todo o período experimental, além de progressivo turvamento da água e a presença de bolhas de ar, deixando-a com aparência espumosa.

## CONCLUSÕES

A CL<sub>50</sub> em 96 horas de exposição ao glifosato para curimatã-pacu nas condições experimentais utilizadas, foi de 19,09 mg L<sup>-1</sup>, sendo considerado pouco tóxico, segundo normas de classificação do IBAMA (1987).

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior pela bolsa institucional de mestrado para a Emília Tatiane Lopes da Silva, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (APQ 01215-12; PIBIC CICT 004/2013), ao Banco do Nordeste do Brasil (2012/0324) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Convênio CODEVASF/CEMIG, pelo apoio financeiro para a Pós-Graduação em Zootecnia da UFVJM.

## REFERÊNCIAS

- ALBINATI, A.C.L.; MOREIRA, E.L.T.; ALBINATI, R.C.B.; CARVALHO, J.V.D.; SANTOS, G.B.; LIRA, A.D.D. 2007 Toxicidade aguda do herbicida Roundup® para piaçu (*Leporinus macrocephalus*). *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, 8: 184-192.
- APHA - American Public Health Association. *Standard methods for examination of water and*

- wastewater. 2012 22<sup>nd</sup> Washington: Water Environment Federation. 1.496p.
- ARANA, L.V. 2004 *Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões*. Florianópolis: Editora da UFSC. 231p.
- ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R.; ANTUNES, P.M.; SANTOS, M.A.P.F.; CAMARGO, P.B. 2007 Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. *Química Nova*, 30: 1119-1127.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1993 NBR 12714: água - ensaios de toxicidade aguda com peixes. - Parte I - sistema estático. Rio de Janeiro, 15 p.
- AUGUSTO, L.G.S.; GURGEL, I.G.D.; FLORÊNCIO L.; ARAÚJO, A.C.P. 2005 Exposição ocupacional aos agrotóxicos e riscos socioambientais: subsídio para ações integradas no estado de Pernambuco. In: AUGUSTO, L.G.S.; FLORÊNCIO, L.; CARNEIRO, R.M. *Pesquisa (ação) em saúde ambiental – contexto, complexidade, compromisso social*. Recife: Editora Universitária. p. 57-69.
- BARBIERI, E. 2009 Effect of 2,4-D herbicide (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) on oxygen consumption and ammonium excretion of juveniles of *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Cichlidae). *Ecotoxicology*, 18: 55-60.
- BARBIERI, E.; FERREIRA, L.A.A. 2011 Effects of the Organophosphate Pesticide Folidol 600® on the Freshwater Fish, Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99: 209-214.
- BARBIERI, E.; MOREIRA, P.; LUCHINI, L.A.; HIDALGO, K.R.; MUNOZ, A. 2016 Assessment of acute toxicity of carbofuran in *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) at different temperature levels. *Toxicology and Industrial Health*, 32: 7-14.
- BEDOR, C.N.G.; RAMOS, L.O.; PEREIRA, P.J.; RÊGO, M.A.V.; PAVÃO, A.C.; AUGUSTO, L.G.S. 2009 Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. *Revista Brasileira Epidemiologia*, 12: 39-49.
- FOLMAR, L.C.; SANDERS H.O.; JULIN A.M. 1979 Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 8: 269-278.
- HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, V. 1977 Trimed Spearman-Kärber method for estimating medial lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environmental Science & Technology*, 7: 714-719.
- HAYASHI, C.; MEUER, F.; BOSCOLO, W.R.; LACERDA, C.H.F.; KAVATA, L.C.B. 2004 Frequência de arraçoamento para alevinos de lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33: 21-26.
- GOLOMBIESKI, J.I.; MARCHESAN, E.; CAMARGO, E.R.; SALBEGO, J.; BAUMART, J.S.; LORO, V.L.; MACHADO, S.L.O.; ZANELLA, R.; BALDISSEROTTO, B. 2008 Acetylcholinesterase enzyme activity in carp brain and muscle after acute exposure to diafuran. *Scientia Agricola*, 65: 340-345.
- GOMES, M.V.T.; SATO, Y. 2011 Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. *Saúde & Ambiente em Revista*, 6: 24-30.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), 1987 Avaliação da toxicidade aguda para peixes. In: *Manual de testes para avaliação de ecotoxicidade de agentes químicos*. Brasília, DF, parte D.3. 23 p.
- JIRAUNGKOORSKUL, W.; UPATHAM, E.S.; KRUATRACHUE, M.; SAHAPHONG, S.; VICHASRI-GRAMS, S.; POKETHITYOOK, P. 2002 Histopathological effects of roundup, a glyphosate herbicide, on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Science Asia*, 28: 121-127.
- KREUTZ, L.C.; BARCELLOS, L.J.G.; SILVA, T.O.; ANZILIERO, D.; MARTINS, D.; LORENSON, M.; MARTENINGHE, A.; SILVA, L.B.D. 2008 Acute toxicity test of agricultural pesticides on silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. *Ciência Rural*, 38: 1050-1055.
- LANGIANO, V.D. e MARTINEZ, C.B.R. 2008 Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus*

*lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 147: 222-231.

SATO, Y., FENERICH-VERANI, N., GODINHO, H.P. 2003 Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H.P. e GODINHO, A.L. *Águas e peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Editora PUCMinas, Belo Horizonte. p. 275-290.

SILVA A.A. e SILVA, J.F. 2007 *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa: Ed. UFV. p. 83-157.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA - SINDAG. Dados básicos. São Paulo: SINDAG, 2013 Disponível em: <<http://www.sindiveg.org.br/estatisticas.php>> Acesso em: 20 out. 2014.

SOSO, A.B.; BARCELLOS, L.J.G.; RANZANI-PAIVA, M. J.; KREUTZ, L.C.; QUEVEDO, R.M.; ANZILIERO, D.; LIMA, M., SILVA, L.B.; RITTER, F.; BEDIN, A.C.; FINCO, J.A. 2007 Chronic exposure to sub-lethal concentration of glyphosatebased herbicide alters hormone profiles and effects reproduction of female jundiá (*Rhamdia quelen*). *Environental Toxicology and Pharmacology*, 23: 308-313.