

**Parâmetros bioquímicos de tilápia do Nilo exposta ao tiametoxam**  
**Biochemical parameters of Nile tilapia exposed to thiamethoxam**  
**Parámetros bioquímicos de la tilapia del Nilo expuesta al tiametoxam**

Recebido: 21/11/2020 | Revisado: 30/11/2020 | Aceito: 04/12/2020 | Publicado: 07/12/2020

**Ana Catarina Luscher Albinati**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2954-3431>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: [catarina.albinati@gmail.com](mailto:catarina.albinati@gmail.com)

**Pierre Castro Soares**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5680-3940>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [pierre.soares@ufrpe.br](mailto:pierre.soares@ufrpe.br)

**Eduardo Luiz Trindade Moreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3353-3877>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: [bteluz@terra.com.br](mailto:bteluz@terra.com.br)

**Ricardo Castelo Branco Albinati**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5464-8898>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: [rcbalbinati@gmail.com](mailto:rcbalbinati@gmail.com)

**Angélica Liberalino da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0470-4323>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: [angelica.liberalino@gmail.com](mailto:angelica.liberalino@gmail.com)

**Silene Duarte Costa de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8269-5357>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: [sdcmedeiros@yahoo.com.br](mailto:sdcmedeiros@yahoo.com.br)

**Resumo**

Tiametoxam é um inseticida da classe dos neonicotinóides e, apesar de estar no mercado por mais de 20 anos, ainda há poucos estudos relativos à sua toxicidade em peixes. O objetivo

desse trabalho foi avaliar a toxicidade de um inseticida baseado em tiametoxam através de análise bioquímica do soro de tilápias do Nilo expostas a concentrações subletais. Um total de 96 tilápias juvenis foram utilizadas, expostas a 32mgL de tiametoxam por 24, 48, 168, e 360 horas. Na análise bioquímica, uma queda no total de proteínas com elevação dos níveis de triglicérides foi observada no grupo exposto em comparação ao grupo de controle. Os outros parâmetros não apresentaram diferença entre o grupo exposto e o grupo de controle. Concentrações subletais de Tiametoxam são capazes de causar alterações decorrentes da toxicidade em tilápias do Nilo, considerando-se que as dinâmicas de alguns parâmetros bioquímicos são influenciadas pela ação desse inseticida.

**Palavras-chave:** Agrotóxico; Bioquímica do soro; *Oreochromis niloticus*; Pesticidas; Toxicidade.

### **Abstract**

Thiamethoxam is an insecticide in the class of neonicotinoids and although it has been on the market for more than 20 years, there are still few studies regarding its toxicity to fish. The objective of this work was to evaluate the toxicity of a thiamethoxam-based insecticide to Nile tilapia exposed to a sublethal concentration by means of serum biochemical analysis. A total of 96 tilapia juveniles were used, exposed to 32mgL for 24, 48, 168, and 360 hours. In the biochemical analysis, a decrease in the total protein with elevated triglyceride levels of the exposed group was observed in relation to the control. The other parameters did not present differences between the exposed and control fish. Sublethal concentrations of thiamethoxam are capable of causing toxicity alterations in Nile tilapia, since the dynamics of some biochemical parameters are influenced by the action of this insecticide.

**Keywords:** Agrotoxic; *Oreochromis niloticus*; Pesticides; Serum biochemistry; Toxicity.

### **Resumen**

El tiametoxam es un insecticida de la clase neonicotinoide y, a pesar de estar en el mercado desde hace más de 20 años, aún existen pocos estudios relacionados con su toxicidad en peces. El objetivo de este trabajo fue evaluar la toxicidad de un insecticida a base de tiametoxam mediante análisis bioquímica de suero de tilapia del Nilo expuesto a concentraciones subletales. Se utilizaron un total de 96 tilapias juveniles, expuestas a 32mgL de tiametoxam durante 24, 48, 168 y 360 horas. En el análisis bioquímica, se observó una disminución en las proteínas totales con un aumento en los niveles de triglicéridos en el grupo expuesto en comparación con el grupo control. Los otros parámetros no mostraron diferencias

entre el grupo expuesto y el grupo de control. Las concentraciones subletales de Tiametoxam son capaces de provocar cambios por toxicidad en la tilapia del Nilo, considerando que la dinámica de algunos parámetros bioquímicos está influenciada por la acción de este insecticida.

**Palabras clave:** Bioquímica sérica; *Oreochromis niloticus*; Pesticida; Plaguicidas; Toxicidad.

## 1. Introdução

A exposição de peixes e outros organismos aquáticos à pesticidas pode ser um problema mais amplo do que a maioria das pessoas imagina. Os peixes são particularmente sensíveis à contaminação ambiental da água; portanto, poluentes como inseticidas podem danificar significativamente processos fisiológicos e bioquímicos, comprometendo o estado de saúde desses animais (Sabra & Mehana, 2015; Yancheva, et al., 2016). Os neonicotinóides são uma classe relativamente nova de inseticidas desenvolvida nas últimas três décadas, que agem como agonistas dos receptores nicotínicos de acetilcolina dos insetos (Singh, 2012). É usado para controlar uma variedade de insetos mastigadores e sugadores e é amplamente utilizado na agricultura moderna (Finnegan, 2017) devido à sua baixa toxicidade e propriedades sistêmicas (Basley & Goulson, 2018).

O tiametoxam representa o primeiro neonicotinóide de segunda geração disponível comercialmente desde 1998, apresentado pela Actara para uso foliar e do solo e pela Cruiser para tratamento de sementes (Maienfisch, et al., 2001). Atualmente, no Brasil, existem oito produtos comerciais registrados com base em tiametoxam (Agrofit, 2012). Embora tenha sido lançado há mais de 20 anos, existem poucos estudos sobre sua toxicidade para os peixes.

Os pesticidas causam alterações bioquímicas e histopatológicas em peixes e outros organismos aquáticos e essas alterações são úteis para detectar os efeitos de poluentes em vários tecidos e órgãos (Uğurlu, et al., 2015). Alterações nos parâmetros séricos podem resultar de danos ao tecido alvo e podem ser usadas como indicadores de monitoramento rápidos e sensíveis ao impacto de substâncias tóxicas nos organismos aquáticos e no ecossistema como um todo (Firat, et al., 2011).

A tilápia do Nilo é um dos peixes de água doce mais cultivados e importantes do mundo e apresenta características como crescimento rápido, adaptabilidade a dietas variadas, alta resistência a doenças, práticas de manejo, fácil criação em cativeiro e resistência satisfatória a grande variedade de condições ambientais, que validam seu uso como modelo para estudos toxicológicos (Fontainhas-Fernandes, 1998; Vicent, et al., 2014).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a toxicidade de um inseticida à base de tiametoxam em tilápias do Nilo, expostas a concentrações subletais por 24, 96, 168 e 360 horas por meio de análise bioquímica sérica.

## 2. Metodologia

### 2.1 Animais e desenho experimental

O experimento foi realizado com 96 juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), obtidas de uma piscicultura comercial, com peso médio de 41,6g±8,2, clinicamente saudáveis. Os animais foram colocados em tanques de fibra de vidro de 1000L, com aeração artificial, onde permaneceram por cinco dias para aclimatação. Após o período de aclimatação, os peixes foram distribuídos em tanques de 200L, com aeração artificial, onde o experimento foi realizado. Foi realizado um período de adaptação por cinco dias antes do início do experimento. Durante todos os períodos os peixes foram alimentados com ração comercial MP-31 da Primor agropecuária do Nordeste LTDA, com níveis garantidos de cálcio a 2,5%; extrato etéreo a 5%; fósforo 0,8%; matéria fibrosa 7%; matéria mineral 10%; proteína bruta 30%; e umidade 13%.

O inseticida utilizado foi o Actara 250WG®, um produto comercial à base de tiametoxam, comercializado pela Syngenta Proteção de Cultivos LTDA. Sua composição inclui 250g/kg de 3-(2-cloro-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-[1,3,5]oxadiazinan-4-ilideno-N-nitroamina e 750g/kg de ingredientes inertes. Parâmetros de qualidade da água, como oxigênio dissolvido, pH e temperatura, foram medidos diariamente em todos os tanques. O oxigênio dissolvido foi medido com um oxímetro digital, o pH por meio de um medidor de pH digital portátil e a temperatura com um termômetro digital.

Para a realização do experimento, os animais foram mantidos em 8 tanques de 200L de água de cloração com aeração artificial. Doze animais foram colocados em cada tanque, sendo quatro (4) tanques para o grupo controle (G1), sem a presença do inseticida, e quatro (4) tanques com 32 mg/L do Actara® (G2). Três peixes foram coletados por tanque em cada momento de amostragem, totalizando 12 peixes do grupo controle e 12 peixes do grupo exposto por momento de amostragem. O experimento foi realizado durante um período de 15 dias (360 horas) com coleta de material após 24, 96 e 168 horas de exposição e ao fim do experimento, totalizando quatro (4) momentos de coleta.

## 2.2 Coleta de amostras e Análise

A cada amostragem, os animais foram capturados individualmente e a coleta de sangue foi realizada. Foram coletados aproximadamente 1ml de sangue de cada peixe, perfurando a veia caudal, utilizando seringas sem anticoagulante para obter soro. As amostras foram centrifugadas individualmente por 15 minutos a 5000rpm para obter aproximadamente 0,5ml de soro. O soro foi dividido em alíquotas em tubos plásticos Eppendorf e armazenado em um freezer para análise bioquímica: creatinina, ureia, glicose, proteína total, albumina, colesterol, triglicerídeos, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), fosfatase alcalina (FA), e lactato desidrogenase (LDH). As amostras foram determinadas em um analisador bioquímico semiautomático. Os parâmetros bioquímicos foram inicialmente testados quanto à distribuição normal usando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que não atenderam a essas premissas foram submetidos à transformação logarítmica (Log10) (creatinina, AST, AP e LDH) ou pela raiz quadrada [SR (x + 1)] (ureia).

## 2.3 Análise estatística

Os dados foram analisados com o *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2009), utilizando o procedimento GLM do SAS. Nos casos em que houve significância no teste F, as médias foram comparadas pela diferença menos significativa do teste Student-Newman-Keuls (SNK). As análises foram realizadas de acordo com o modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + G_i + H_j + G_iH_j + \epsilon_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$  = observação sobre o tratamento  $i$  na repetição  $j$ ;  $\mu$  = constante associada a todas as observações;  $G_i$  = efeito do grupo  $i$  na repetição  $j$ ;  $H_j$  = efeito dos tempos de coleta na repetição  $j$ ;  $G_iH_j$  = efeito de interação; e  $\epsilon_{ij}$  = erro associado a todas as observações. Para todas as análises estatísticas, foi adotado um nível de significância ( $p$ ) de 5%.

## 2.4 Comitê de ética

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), número 36/2014, e foi realizado no Laboratório de Saúde de Organismos Aquáticos na mesma instituição.

### 3. Resultados

A qualidade da água não variou entre os grupos controle e exposto, ambos mantendo uma média de oxigênio dissolvido de 6,0+-0,8mg/L, pH de 6,9 +-0,3 e temperatura de 26,3+-0,6°C. Não houve mortalidade durante o período experimental.

Na análise bioquímica, considerando a variação do fator "Grupos", verificou-se que as variáveis proteína total (PT) ( $p = 0,0368$ ) e triglicerídeos ( $p = 0,0237$ ) (Tabela 1) variaram entre os grupos, com redução na proteína total e aumento de triglicerídeos dos animais expostos em relação ao grupo controle.

Em tilápias expostas a 12,5; 25; 50; 100; e 150mg/L de tiametoxam por 7 e 14 dias, foi observada uma diminuição gradual no peso dos animais à medida que a concentração do inseticida aumentava. A proteína hepática foi significativamente menor em todas as concentrações e nos dois períodos em comparação ao controle. Entre os animais expostos, no primeiro momento houve aumento da proteína hepática entre 12,5; 25; e 50mg/L, seguidos de uma diminuição à 100 mg/L, provavelmente devido ao efeito do inseticida e à tentativa de recuperação enfrentada frente ao agente estressor.

Em relação ao fator de variação "Horas", também foram observadas variações significativas na concentração sérica de ureia ( $p < 0,0001$ ), creatinina ( $p < 0,0001$ ), colesterol ( $p = 0,0032$ ) e triglicerídeos ( $p = 0,0002$ ). Como atividade enzimática de FA ( $p = 0,0008$ ) e LDH ( $p = 0,0152$ ) (Tabela 1).

Maiores concentrações séricas de ureia e atividade enzimática da LDH foram observadas às 360 horas em relação aos demais momentos da coleta. Com relação à creatinina, colesterol e atividade enzimática da FA, foram observadas concentrações mais altas às 24 horas em relação aos demais momentos da coleta.

Em relação à glicose, foi registrada interação significativa entre grupos e horas ( $p = 0,0031$ ). Nesse caso, considerando as diferenças entre os grupos em cada momento, verificou-se maior concentração sérica de glicose nos peixes do G1, diferindo do G2 no momento de 360 horas. Com relação às diferenças entre as horas, dentro de cada grupo, foi possível identificar que a maior concentração de glicose ocorreu às 360 horas nos peixes G1, diferindo das demais horas de coleta. Quanto ao G2, não houve variação entre as horas de coleta. A interação entre os grupos e as horas de coleta ocorreu às 360 horas nas coletas de material biológico de peixes intoxicados ou não com o inseticida tiametoxam (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios, desvio padrão, médias gerais e nível de significância (p) dos fatores de variação (Grupos e Horas) dos parâmetros bioquímicos sanguíneos da tilápia do Nilo expostos ou não ao inseticida tiametoxam.

Parâmetros	Grupos	Horas				Média geral
		24	96	168	360	
Proteína Total (g/L)	G1	30,43±7,0	28,06±4,0	26,72±3,2	30,23±9,5	28,69A
	G2	28,82±5,3	26,26±6,9	25,97±7,0	22,63±4,7	25,93B
Média geral		29,44 <sup>a</sup>	27,08 <sup>a</sup>	26,31 <sup>a</sup>	26,05 <sup>a</sup>	
Albumina (g/L)	G1	10,78±3,5	8,85±2,1	8,45±1,4	10,09±3,8	9,49A
	G2	9,02±2,8	9,45±2,7	8,29±2,5	8,73±5,9	8,87A
Média geral		9,86 <sup>a</sup>	9,15 <sup>a</sup>	8,37 <sup>a</sup>	9,31 <sup>a</sup>	
Globulina (g/L)	G1	20,66±5,9	19,69±3,4	18,27±2,9	20,14±8,5	19,60A
	G2	19,80±5,7	16,81±6,6	17,68±5,1	15,43±4,6	17,42A
Média geral		20,14 <sup>a</sup>	18,13 <sup>a</sup>	17,95 <sup>a</sup>	17,55 <sup>a</sup>	
Ureia (mmol/L)	G1	1,14±0,4	0,77±0,1	0,65±0,2	1,01±0,6	0,89A
	G2	1,10±0,2	0,70±0,1	0,56±0,1	0,91±0,4	0,82A
Média geral		1,12 <sup>a</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,60 <sup>b</sup>	0,96 <sup>a</sup>	
Creatinina (µmol/L)	G1	49,33±12,8	27,10± 8,8	25,12±9,0	38,92±8,4	35,12A
	G2	42,94±12,0	28,20±7,6	33,66±11,5	33,05±13,3	34,46A
Média geral		45,84 <sup>a</sup>	27,70 <sup>b</sup>	29,78 <sup>b</sup>	35,71 <sup>b</sup>	
Glicose (mmol/L)	G1	4,22±1,2bA	4,49±0,9b	4,52±0,8bA	6,59±1,8 aA	4,91
	G2	5,08±1,1aA	4,08±0,9aA	4,59±1,2aA	4,92±0,9aB	4,68
Média geral		4,29	4,30	4,56	5,68	
Colesterol (mmol/L)	G1	5,12±1,4	4,14±0,8	3,95±1,1	5,12±1,5	4,56A
	G2	5,54±1,4	4,61±1,3	3,98±0,9	4,02±0,9	4,53A
Média geral		5,34 <sup>a</sup>	4,38 <sup>b</sup>	3,97 <sup>b</sup>	4,54 <sup>b</sup>	

HDL Colesterol	G1	1806,2±755,9	2192,5±832,6	1611,4±602,4	2549,4±513,2	2065,2A
(U/L)	G2	1558,6±582,8	1818,2±654,6	1997,2±839,1	2225,0±381,9	1877,2A
Média geral		1675,1b	1963,8b	1828,4b	2407,40 <sup>a</sup>	
Triglicerídeos	G1	2,75±1,9	5,38±2,3	3,92±2,5	3,05±1,5	2,95B
(mmol/L)	G2	2,80±0,7	4,17±1,9	2,45±1,1	2,37±1,2	3,83A
Média geral		2,78b	4,77 <sup>a</sup>	3,12b	2,68b	
AST	G1	37,05±30,3	46,19±40,2	53,50±54,3	33,08±22,0	42,22A
(U/L)	G2	17,38±11,2	37,85±24,2	50,75±30,9	24,17±12,9	32,54A
Média geral		27,21 <sup>a</sup>	42,02 <sup>a</sup>	52,06 <sup>a</sup>	28,62 <sup>a</sup>	
FA	G1	45,75±18,9	25,13±7,9	39,53±19,9	25,19±14,5	33,11A
(U/L)	G2	39,65±17,2	26,00±9,9	34,44±16,6	28,41±13,9	31,82A
Média geral		42,36 <sup>a</sup>	25,63b	36,73b	26,80b	

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas na mesma coluna diferem no nível de probabilidade de 5%. G1 - Animais não expostos. G2- Animais expostos. 1 - Média Geral.  
 Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

A diminuição dos níveis totais de proteína também foi observada em outros estudos, como da carpa (*Cyprinus carpio*) exposta ao herbicida metribuzin (Velisek, et al., 2009), no estudo avaliando *Labeo rohita* exposto ao inseticida fenvalerato (Prusty, et al., 2011), na avaliação da truta arco-íris exposta ao inseticida diazinon (Banaee, et al., 2011), no estudo da tilápia do Nilo exposta ao inseticida deltametrina (Abdelkhalek, et al., 2015) e à avaliação da carpa comum exposta ao inseticida cipermetrina (Bhanu & Deepak, 2015).

Trabalhos sobre a avaliação da bioquímica sérica de peixes Snakehead (*Channa punctatus*) expostos a doses subletais de tiametoxam (38,26ppm) por 24, 48, 72 e 96 horas também observaram uma diminuição nos níveis totais de proteína com níveis elevados de triglicerídeos em animais expostos, que os autores atribuem ao aumento da atividade proteolítica e à esterificação devido à condição de estresse (Kumar, et al., 2010). Enquanto



outros relataram que uma diminuição nos níveis totais de proteína pode ser devida a inanição, desnutrição ou doença hepática crônica (Banaee, et al., 2011).

Os alevinos de carpa Rohu (*Labeo rohita*) expostos a fenvalerato também apresentaram níveis mais altos de triglicérides que os controles, o que foi atribuído pelo autor a uma possível doença hepática, devido ao estresse oxidativo induzido pelos radicais livres (Prusty, et al., 2011). Os resultados encontrados neste trabalho também podem refletir uma inibição na síntese proteica ou um desvio no metabolismo energético, como a lipogênese.

Em relação às alterações nos níveis hepáticos de proteína, foi observada uma diminuição nos níveis em todos os grupos tratados com tiametoxam. Supõe-se que, na dose mais alta, a diminuição possa estar relacionada à depleção da fração proteica do fígado através de sua degradação e uso para fins metabólicos (Bhanu & Deepak, 2015).

Poucos estudos foram realizados analisando parâmetros bioquímicos em peixes expostos ao tiametoxam, dentre eles, podemos destacar o estudo observado na carpa de cabeça exposta a 6,6, 10 e 20mg/L por 96 horas, onde houve aumento das enzimas AST, ALT e LDH nos animais expostos em relação ao controle e proporcional ao aumento nas concentrações utilizadas (Stoyanova, et al., 2016). Foi relatado em peixe-zebra exposto a 0,30, 1,25 e 5,0mg/L por 7, 14, 21 e 28 dias, um aumento nas espécies reativas de oxigênio (EROS) no período de exposição e um aumento dramático na superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) por até 14 dias, com diminuição após esse período, além da glutatona S-transferase (GST), que aumentou apenas aos 28 dias (Yan, et al., 2015). Além disso, outro estudo realizado em peixes Snakehead (*Channa punctatus*) expostos a doses subletais de tiametoxam por 24, 48, 72 e 96 horas, um aumento nos níveis séricos de glicose, lactato, AAN (aminoácido nitrogênio), creatinina, ureia, bilirrubina, fosfolípidios, triglicérides e ácidos graxos não esterificados, bem como uma diminuição nos níveis de proteína, nitrogênio não proteico, piruvato e albumina (Kumar, et al., 2010).

Embora outros trabalhos (Kumar, et al., 2010) foram observados em *Channa punctatus* expostos ao tiametoxam em doses semelhantes às utilizadas neste estudo, um aumento nos níveis séricos de glicose, creatinina e ureia, no presente trabalho com tilápia, esses parâmetros não apresentam diferenças significativas entre o grupo exposto e controle, apenas entre os períodos, na qual a creatinina e ureia tiveram maiores valores observados nas primeiras 24 horas, que diminuíram nos demais momentos. Outros estudos avaliaram a truta arco-íris exposta ao inseticida diazinon também não encontraram diferença na creatinina entre os grupos controle e expostos (Banaee, et al., 2011).

No presente estudo observou-se diferença estatística apenas entre os momentos amostrais, em que o FA apresentou valores mais altos na primeira coleta e o LDH na coleta final, em relação aos demais momentos, que parecem refletir o estado dos peixes mesmo antes do início do experimento. Na carpa exposta ao herbicida metribuzina, as enzimas AST, ALT e FA também não diferiram entre os animais expostos e controle (Velisek, et al, 2009).

## 5. Considerações Finais

A exposição a concentrações subletais de tiametoxam demonstrou ser capaz de causar alterações de toxicidade na tilápia do Nilo, uma vez que a dinâmica de alguns parâmetros bioquímicos é influenciada pela ação desse inseticida. Mais estudos são necessários para melhor compreender os mecanismos de ação que levam a essas alterações, bem como verificar os efeitos do tiametoxam em diferentes espécies.

## Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa concedida ao primeiro autor.

## Conflito de interesse

Os autores declaram não existir conflito de interesse.

## Referências

Abdelkhalek, N. K., Ghazy, E. W., & Abdel-daim, M. M. (2015). Pharmacodynamic interaction of Spirulina platensis and detamethrin in freshwater fish Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: impact on lipid peroxidation and oxidative stress. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 3023-3031. doi: 10.1007/s11356-014-3578-0

Agrofit (2012). *Sistema de agrotóxicos fitossanitários*. Recuperado de <http://agrofit.com.br>

Albinati, A. C. L., Albinati, R. C. B., Lira, A. D., & Soares, P. C. (2016). Toxicidade aguda e risco ecotoxicológico do inseticida tiametoxam para alevinos de tilápia-do-Nilo. *Arquivo*

*Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68 (5), 1343-1350. doi:10.1590/1678-4162-8676

Banaee, M., Sureda, A., Mirvaghefi, A. R., & Ahmadi, K. (2011). Effects of diazinon on biochemical parameters of blood in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99, 1-6. doi:10.1016/j.pestbp.2010.09.001

Basley, K., & Goulson, D. (2018). Neonicotinoids thiamethoxam and clothianidin adversely affect the colonisation of invertebrate populations in aquatic microcosms. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 9593–9599. doi:10.1007/s11356-017-1125-5

Bhanu, A. P., & Deepak, M. (2015). Impact of cypermethrin on biochemical aspects of clinical importance in the blood of freshwater fish *Cyprinus carpio*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1 (3), 126-128.

Bose, S., Nath, S., & Sahana, S. S. (2011). Toxic impact of thiamethoxam on the growth performance and liver protein concentration of a freshwater fish *Oreochromis niloticus* (Trewavas). *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4 (1), 274-280.

Finnegan, M. C., Baxter, L. R., Maul, J. D., Hanson, M. L., & Hoekstra, P. F. (2017). Comprehensive characterization of the acute and chronic toxicity of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam to a suite of aquatic primary producers, invertebrates, and fish. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(10), 2838-2848. doi:10.1002/etc.3846

Firat, O., Cogun, H. Y., Yuzereroglu, T. A., Gok, G., Firat, O., Kargin, F., & Kotemen, Y. (2011). A comparative study on the effects of a pesticide (cypermethrin) and two metals (copper, lead) to serum biochemistry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology Biochemistry*, 37, 657-666. doi:10.1007/s10695-011-9466-3

Fontainhas-Fernandes, A. A. (1998). Tilapia production in Reis-Henriques, M. A. (Ed.) *Aquaculture Handbook* (pp. 135-150). California: Academic Press.

Kumar, A. V., Janaiah, C. E., & Venkateshwarlu, P. (2010). Effect of thiamethoxam alters serum biochemical parameters in *Channa punctatus* (Bloch). *Asian journal of Bio Science*, 1 (5), 106-110.

Maienfisch, P., Angst, M., Brand, F., Fischer, W., Hofer, D., Kayser, H., Kobel, W., Rindlisbacher, A., Senn, R., Steinemann, A., & Widmer, H. (2001). Chemical and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest Management Science*, 57 (10), 906-913.

Prusty, A. K., Kohli, M. P. S., Sahu, N. P., Paz, A. K., Saharan, N., Mohapatra, S. E., & Gupta, S. K. (2011). Effect of short term exposure of fenvalerato on biochemical and haematological response in *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100, 124-129. doi:0.1016/j.pestbp.2011.02.010

Sabra, F., & Mehana, E. (2015). Pesticides toxicity in fish with particular reference to insecticides. *Asian Journal of agricultural and Food Sciences*, 03, 40-60.

Statistical Analysis System Institute (SAS). (2009). *SAS/STAT: user's guide*. Version 9.2. Cary: SAS Institute.

Singh, D. K. (2012). *Pesticide Chemistry and Toxicology*. India: Bentham Science Publishers.

Stoyanova, S., Yancheva, V., Iliev, I., Vasileva, T., Bivolarski, V., Lcheva, I., & Georgieva, E. (2016). Biochemical, histological and histochemical changes in *Aristichthys nobilis* Rich. liver exposed to thiamethoxam. *Periodicum Biologorum*, 1 (118), 29-36. doi:10.18054/pb.2016.118.1.2828

Uğurlu, P., Ünlü, E., & Satar, E. I. (2015). The toxicological effects of thiamethoxam on *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg 1937) (Crustacea: Amphipoda). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39, 720-726. doi:10.1016/j.etap.2015.01.013

Velisek, J., Svobodova, Z., Piackova, V., & Sudova, E. (2009). Effects of acute exposure to metribuzin on some hematological, biochemical and histopathological parameters of common

carp (*Cyprinus carpio* L.) *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82, 492-495. doi:10.1007/s00128-009-9648-1

Vicente, I. S. T., Elias, F., & Fonseca-Alves, C. E. (2014). Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, 37, 392-398.

Yan, S. H., Wang, J. H., Zhu, L. S., Chen, M., & Wang, J. (2015). Thiamethoxam induces oxidative stress and antioxidant responses in Zebrafish (*Danio rerio*) livers. *Environmental Toxicology*, 12, 32. doi:10.1002/tox.22201

Yancheva, V., Velcheva, I., Stoyanova, S., & Georgieva, E. (2016). Histological biomarkers in fish as a tool in ecological risk assessment and monitoring programs: a review. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14, 47-75.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Ana Catarina Luscher Albinati – 20%

Pierre Castro Soares – 20%

Eduardo Luiz Trindade Moreira – 20%

Ricardo Castelo Branco Albinati – 20%

Angélica Liberalino da Silva – 10%

Silene Duarte Costa de Medeiros – 10%