

Avaliação da contaminação de pesticidas no músculo de tambaquis (*Colossoma macropomum*) cultivados e de sedimento na região do Baixo São Francisco

Cindy Caroline Moura Santos¹, Fernanda dos Santos Cunha², Tereza Vitória Brito D'ávila³, Bruno Santos Lima⁴,
Yasmim Maria Barbosa Gomes de Carvalho⁵, Adriano Antunes de Souza Araújo⁶,
José Guedes de Sena Filho⁷, Paulo Cesar Falange Carneiro⁸, Ricardo Coelho de Sousa⁹,
Rodrigo Yudi Fujimoto¹⁰, Alexandre Nízio Maria¹¹

Resumo - Atualmente, a cipermetrina e deltametrina são inseticidas amplamente utilizados na agricultura e na medicina, devido a sua eficiência no controle de insetos e pragas, apresentarem baixa toxicidade aos mamíferos e aves, e persistirem menos no meio ambiente. No entanto, estes piretroides são altamente tóxicos para organismos aquáticos e podem alcançar o ecossistema aquático por uma variedade de mecanismos, tornando-os vulneráveis a contaminação. Diante disso, a região do Baixo São Francisco de Sergipe apresenta-se como uma área preocupante, pois já foi identificado a utilização da cipermetrina e deltametrina na região e existe a proximidade entre as atividades agrícolas e a atividade piscícola. Com isso, o objetivo do presente estudo foi identificar e avaliar a concentração de resíduos de piretroides no sedimento das pisciculturas assim como sua bioconcentração no músculo de Tambaquis cultivados na região do Baixo São Francisco sergipano. Para isto, as coletas foram realizadas em dez pisciculturas no período seco e sete no período chuvoso, sendo coletados 500g de sedimento e capturados cinco peixes por piscicultura. Os parâmetros de água de cada piscicultura foram aferidos e posteriormente os peixes foram coletados, transportados até o laboratório para posterior eutanásia e coleta do tecido muscular. Após a retirada de 50 g de músculo, de cada peixe, este material foi armazenado a -20°C até o momento da análise por cromatografia delgada e líquida. Para observar a eficiência do método extrativo foi realizada a avaliação do solvente. Uma indução da contaminação em alevinos de Tambaquis por cipermetrina e deltametrina foi realizada e então retirada um grama de tecido muscular desses animais e realizada a extração líquido-líquido com cinco tipos de solvente, sendo analisados por cromatografia de camada delgada (CCD) e cromatografia de alta eficiência (CLAE). Para o sedimento, alíquotas de amostras coletadas foram submetidas à extração por clorofórmio e então analisadas em CCD e CLAE. No teste de avaliação do melhor solvente extrativo do músculo observou-se que o acetato de etila apresentou um resultado mais satisfatório, e quando analisadas pela CCD mostrou que as amostras apresentaram uma possível contaminação por piretroides, porém nenhuma delas apresentou contaminação por cipermetrina e deltametrina ao serem analisadas no CLAE. Para o sedimento não foi observada contaminação por piretroides nas pisciculturas pela análise de CCD e CLAE. Através deste trabalho não foi detectada a contaminação do sedimento das pisciculturas e nem bioconcentração nos animais, porém destaca-se a importância de novas investigações para a presença de outros contaminantes nos tambaquis.

Termos para indexação: CCD, cipermetrina, CLAE, contaminação, deltametrina, peixe.

Introdução

Os inseticidas são utilizados na agricultura para o controle de pragas a fim de aumentar a produção. Além disso, são utilizados para uso doméstico no controle de insetos como mosquitos, moscas e térmitas e na medicina contra piolhos. (Koç et al., 2012).

Dentre os inseticidas, se destacam a cipermetrina e a deltametrina, que pertencem a classe dos piretroides, sendo utilizados por apresentarem alta eficiência em baixas dosagens, serem poucos nocivos aos mamíferos e aves, já que apresentam uma rápida metabolização do produto e consequentemente menor probabilidade de acumular e são menos persistentes no meio ambiente em relação à organoclorados, organofosforados e carbamatos. (Aznar-Alemanly et al., 2017).

Porém, os piretroides podem alcançar o ecossistema aquático por uma variedade de mecanismos, incluindo lixiviação, escoamento superficial ou deposição atmosférica. Essa facilidade com que esses contaminantes podem alcançar os corpos hídricos, e associar-se as partículas sólidas suspensas e sedimento, expõe os organismos aquáticos à contaminação, seja através da ingestão ou

¹ Graduanda em Farmácia, bolsista PIBIC da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

² Engenheira de pesca, Aracaju, SE.

³ Graduanda em Farmácia, bolsista PIBIC da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁴ Farmacêutico, mestre em Ciências Farmacêuticas, Aracaju, SE.

⁵ Farmacêutico, mestre em Ciências Farmacêuticas, Aracaju, SE.

⁶ Farmacêutico, doutor em Ciências Farmacêuticas, professor da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE.

⁷ Farmacêutico, doutor em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos, analista da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁸ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁹ Engenheiro Mecânico, mestre em Engenharia mecânica, analista da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

¹⁰ Zootecnista, doutor em Aquicultura, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

¹¹ Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

simplesmente pelo próprio contato com as partículas do sedimento ou água. Nesse sentido, os peixes ficam vulneráveis à contaminação seja pela dieta ou pela fácil absorção através das brânquias, devido ao caráter lipofílico desses compostos. (Santos et al., 2014; Britto et al., 2015).

Os piretroides são altamente tóxicos para os peixes e quando expostos a concentrações consideradas subletais tendem a bioconcentrar. Este fato foi evidenciado por Áznar-Alemanly et al. (2017) que identificaram concentrações de piretroides em salmões cultivados (1.31 ± 1.39 ng/g) e selvagens (0.02 ± 0.03 ng/g). O principal motivo dessa bioconcentração é devido à lenta metabolização desses compostos pelos peixes, quando comparada aos mamíferos e aves, retardando o processo de excreção. (Lewis et al., 2016; Svartz et al., 2016).

A bioconcentração dos piretroides em peixes pode acarretar em problemas futuros para a saúde pública, uma vez que estes peixes contaminados podem ser destinados ao consumo humano. Com isso a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) determinou a Ingestão Diária Aceitável (IDA) para alguns piretroides, como a da deltametrina e cipermetrina, com valores de 0,01 mg/kg e 0,05 mg/kg peso corpóreo, respectivamente (Anvisa, 2016).

Devido aos efeitos tóxicos acima mencionados, a evidência da bioconcentração de piretroides em peixes, a região do Baixo São Francisco de Sergipe se tornou uma área de risco, pois na mesma foi relatado o uso de cipermetrina e deltametrina nas atividades agrícolas (Britto et al., 2015) desenvolvidas próximas às áreas de pisciculturas. Desta forma o presente estudo tem como objetivo avaliar a contaminação do sedimento e a bioconcentração dos piretroides, em específico a cipermetrina e deltametrina, em pisciculturas da região do Baixo São Francisco.

Material e Métodos

Coleta das amostras na Região do Baixo São Francisco Sergipano.

As coletas de sedimento e dos Tambaquis (*Colossoma macropomum*) foram realizadas no período seco (de outubro de 2016 a fevereiro de 2017, n=10) e chuvoso (agosto a outubro de 2017, n=7) em pisciculturas situadas no município de Propriá, na região do Baixo São Francisco Sergipano. Foram coletados 500g de sedimento e cinco peixes em cada piscicultura. Dez centímetros da região superficial do sedimento foram retirados com auxílio de uma pá, armazenados em um frasco de polietileno e transportados em refrigeração. Já os espécimes foram capturados e transportados com aeração constante até o laboratório de aquicultura situado na Embrapa Tabuleiros Costeiro para a preparação e análises das amostras. No momento da coleta, em cada piscicultura os parâmetros de água foram mensurados: o pH medido com a utilização de pHmetro Akrom modelo KR20; o oxigênio dissolvido (OD) e a temperatura com a utilização de uma sonda multiparâmetros HANNA modelo HI93715 e condutividade elétrica (CE) por auxílio de uma sonda YSI modelo 55-12FT.

Preparação das amostras

As amostras de sedimento foram armazenadas em frasco de polietileno, protegidos da incidência de luz e mantidos a -20 °C até momento da análise. Já os peixes coletados tiveram seu peso, comprimento total e padrão aferidos e posteriormente foram eutanasiados por secção medular para a coleta do músculo (CEUA - Unit n° 04815R). Este material foi identificado e mantido a -20 °C até o momento da análise. A porção muscular era constituída de 50g de tecido muscular retirado da região latero-dorsal sempre do lado esquerdo.

Preparo das soluções padrões dos piretroides

Foram preparadas soluções estoque dos padrões de cipermetrina ($C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$) e deltametrina ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$) (Sigma-Aldrich®). Os padrões foram diluídos em Metanol (J.T. Baker®, HPLC – Grade) na concentração de 100 µg/L. Cada solução foi submetida a banho de ultrassom durante 30 minutos e então filtradas com membrana PTFE – 0.45 µm (Chromafil® Xtra PTFE). Estas foram utilizadas durante as análises cromatográficas como controle do procedimento analítico.

Avaliação de solventes extratores

Um experimento foi realizado para determinar o melhor processo de extração de piretroides do músculo. Para tanto, foi utilizado um total de 36 alevinos de tambaqui, sendo 18 expostos à cipermetrina e 18 à deltametrina. Para cada tipo de piretroide foi realizada a formulação de uma solução mãe que consistia em 99% de água deionizada e 1% do produto. Com isso, os peixes (peso médio: 4,09 g) foram expostos a três concentrações subletais de cipermetrina (0,0035 mg/L, 0,007 mg/L, 0,0105 mg/L) e deltametrina (0,007 mg/L, 0,010 mg/L, 0,015 mg/L), em recipientes com um volume de três litros, em duplicata e constantemente aerados. Foram avaliados diferentes tipos de solventes extratores baseados na literatura, sendo eles: Acetato de etila - água (4:1), Clorofórmio – água (1:1), Diclorometano – água (1:1), Hexano – água (1:1), Isopropanol - água (4:1) (Alemany et al., 2017; Jabeen et al., 2015; Jia et al., 2012; Mao et al., 1993)

Para cada tipo de solvente extrator foi utilizado 1 g de tecido muscular de cada animal previamente contaminado, esse material foi macerado em gral com auxílio do pistilo, e em sequência foi adicionado um total de 6 mL de cada solvente extrator. Essa mistura foi submetida ao vórtex durante 5 min., posteriormente filtrada em papel filtro Qualy (205 µm), sopradas com um fluxo de nitrogênio gasoso até a secagem do solvente extrator, reconstituídas com 1,5 mL de metanol e transferidas para vials. Por fim, foi feita a análise de cada amostra por cromatografia em camada delgada (CCD) e líquida (CLAE).

O processo de extração de cada amostra de sedimento foi realizada de forma semelhante ao descrito para o músculo, porém utilizando o clorofórmio como solvente extrator como sugerido por Wang et al. (2011)

Extrações dos piretroides do sedimento e músculo dos peixes nas pisciculturas do Baixo São Francisco

Para o processo de extração, cada amostra muscular foi descongelada em geladeira a uma temperatura de 4 °C, na sequência, 1 g de um pool de tecido muscular constituído de porções iguais dos cinco peixes coletados em cada piscicultura foi macerado em um gral com auxílio de um pistilo. Foi adicionado a amostra, 6 mL de acetato de etila (Synth®, P.A – A.C.S.) (acetato de etila - água (4:1)) (melhor resultado obtido no teste anterior) em tubos de ensaios e submetido ao vórtex durante 5 min.

Em seguida, as amostras foram filtradas em papel filtro Qualy (205 µm) (Figura 3), sopradas com um fluxo de nitrogênio gasoso até a secagem do solvente extrator, reconstituídas com 1,5 mL de metanol e transferidas para vials. Por fim, as amostras foram novamente filtradas com filtros de membrana (PTFE – 0.45 µm) para posteriormente serem analisadas em CCD e CLAE (Jabeen et al., 2015; JIA et al., 2012).

Para a análise das amostras de sedimento, as mesmas foram descongeladas em geladeira a uma temperatura de 4°C e então foi pesado 1 g de sedimento de cada piscicultura. Em seguida, a amostra foi solubilizada em 3 mL de água destilada no vórtex durante 1 min, na sequência foi adicionado 7,5 mL clorofórmio (VETEC®, P.A – A.C.S.) e homogeneizado no vórtex durante 1 min, feito isso a solução foi transferida para o filtro de separação onde foi novamente homogeneizada manualmente. Para a separação do analito na mistura foi necessário 10 min até a decantação completa. Posteriormente, as amostras foram filtradas com papel filtro Qualy (205 µm), sopradas com um fluxo de nitrogênio gasoso até a secagem do solvente extrator, reconstituídas com 1,5 mL de metanol e transferidas para vials (Wang et al., 2011)

Condições cromatográficas para análise por Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

De posse dos extratos, estes foram submetidos às análises por CCD. Estas foram realizadas em cromatofolhas de sílica gel 60 F254 (Merck, Darmstadt, Alemanha). Alíquotas (10 µL) de solução metanólica de cada amostra do extrato do músculo e sedimento foram aplicadas e comparadas com padrão de cipermetrina e deltametrina na concentração de 100 µg/mL. A Fase móvel utilizada foi EtOAc–HCOOH–AcOH–H₂O (100 : 11 : 11 : 26, v:v).

Os cromatogramas foram desenvolvidos em cubas saturadas. A visualização das manchas correspondentes aos piretroides foi feita com auxílio de luz ultravioleta, a 254 nm, em câmara ultravioleta Spectroline CM-10 (César et al., 2007), e então determinados os fatores de retenção segundo Medham et al., (2002)

Análises por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

As análises por CLAE foram realizadas em um cromatógrafo líquido da marca Shimadzu®, determinadas em uma coluna analítica Shim-Pack® C18- 250 x 4,6 mm (5 µm tamanho de partícula), conectada à uma pré-coluna Phenomenex® C18- 30 x 4 mm (4 µm tamanho de partícula). Como fase móvel foi utilizada água ultrapura (A) e acetoneitrila (B). As análises foram realizadas utilizando um sistema gradiente de eluição, iniciando com 70% de B durante 1 minuto, 70- 95% de B durante 1 -2 minutos, 95-100% de B durante 2 minutos-10 minutos, 100%-70% de B durante 10 minutos-15 minutos, retornando as condições iniciais e finalizando a análises.

Resultados e Discussão

Durante o projeto não foram observadas mortalidades de peixes nas pisciculturas amostradas e os parâmetros da qualidade de água das pisciculturas apresentaram condições ideais para cultivo de *Colossoma macropomum* (Silva e Fujimoto, 2015) com média de temperatura de 28,1°C; 6,5 (mg.L⁻¹) de oxigênio dissolvido; 8,01 de pH; e 0,47 (mS.cm⁻¹) de condutividade elétrica.

Os piretroides são considerados compostos complexos de serem analisados devido a grande quantidade de análogos e isômeros encontrados em sua molécula (Santos, 2007). Devido a isso, técnicas simples, de rápida detecção e de baixo custo se tornam interessantes para a identificação desses compostos, como por exemplo, a cromatografia em camada delgada (Degani et al., 1998) Através deste teste foi possível observar que dentre os cinco tipos de solventes utilizados, o isopropanol – água (4:1) e o acetato de etila - água (4:1) foram os solventes que apresentam os tempos de retenção de 0,90 e 0,83, respectivamente, semelhantes aos padrões analíticos (F_r = 0,94).

Diante disso, o solvente utilizado na análise de tecido muscular foi o acetato de etila, devido este ser mais volátil comparado ao isopropanol (Brisco, 2016), o que otimizou o tempo de extração, como também possibilitou a redução de custo devido a menor quantidade de gás utilizado no processo de secagem. Vieira et al. (2007) também observou que o acetato de etila se mostrou o melhor solvente extrator devido a característica hidrofóbica dos piretroides, que possui uma maior afinidade por moléculas polares como o acetato de etila, facilitando assim a extração dos piretroides.

Ao realizar a cromatografia delgada nas 17 amostras (pool do músculo dos Tambaquis coletados na região) foram observados fatores de retenção semelhantes aos dos padrões ($F_r = 0,924$), indicando assim uma possível contaminação por piretroides (Tabela1).

Tabela 1. Fatores de retenção (F_r) das amostras de sedimento e musculo advindas das pisciculturas da região do Baixo São Francisco.

Ponto de coleta	Local	F_r		F_r	
		Período Seco Músculo	Período Chuv. Músculo	Período Seco Sedimento	Período Chuv. Sedimento
P 2	Piscicultura	0,873	0,888	Não detectado	Não detectado
P 6	Piscicultura	0,871	0,944	Não detectado	Não detectado
P 8	Piscicultura	0,932	0,951	Não detectado	Não detectado
P 11	Piscicultura	0,937	0,932	Não detectado	Não detectado
P 12	Piscicultura	0,938	0,920	Não detectado	Não detectado
P 13	Piscicultura	0,938	-	Não detectado	Não detectado
P 17	Piscicultura		0,944	Não detectado	Não detectado
P 19	Piscicultura	0,924	-	Não detectado	Não detectado
P 23	Piscicultura	0,937	0,921	Não detectado	Não detectado
P 24	Piscicultura	0,938	0,939	Não detectado	Não detectado

No entanto, quando as amostras foram analisadas por CLAE não foi possível identificar a presença da cipermetrina e deltametrina nas amostras. Os resultados através das duas metodologias podem ser explicados pela diferença entre a precisão de cada uma das técnicas, sendo a CCD de baixa exatidão e a CLAE de alta (Freedman et al., 1984). Na técnica considerada mais simples, os fatores de retenção semelhantes aos dos padrões analíticos pode ser explicada devido estruturas químicas semelhantes a alguns outros piretroides, como por exemplo a deltametrina e a flumetrina, onde a única diferença são os átomos de halogênio no grupo vinil (Liang et al., 2010). Este fato indica que as amostras possivelmente estão contaminadas com outros piretroides que não são a cipermetrina e a deltametrina, já que pelo cromatograma observa-se picos tempos de retenção diferentes dos padrões, que apresentaram tempos de retenção de 5,2 minutos para cipermetrina e 5,8 minutos para a deltametrina (Figura 1).

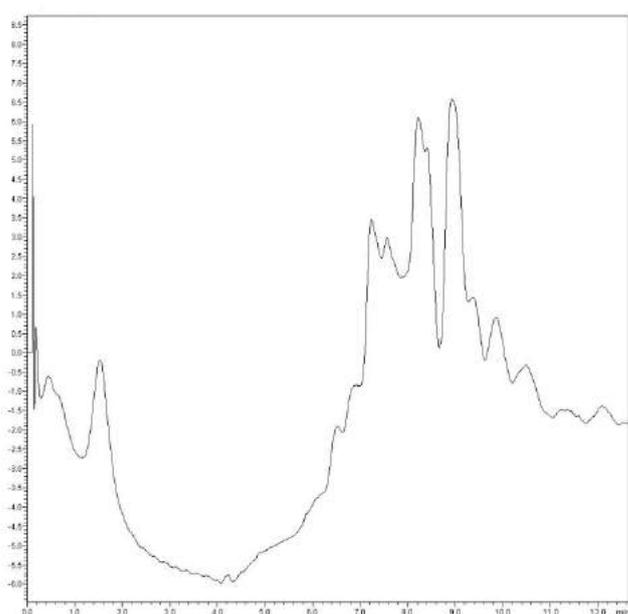


Figura 1. Cromatograma da piscicultura 17 período chuvoso demonstrando picos em outros tempos de retenção que não aos padrões cipermetrina e deltametrina.

Essa não bioconcentração no músculo do tambaqui pode ser decorrente de que a espécie é de águas tropicais, e peixes de temperaturas mais elevadas apresentam alta taxa metabólica que induz a fácil excreção de compostos químicos, o que possivelmente permitiu maior facilidade em excretar os piretroides (Howe et al., 1994).

Além desse fator, a região do Baixo São Francisco por se situar numa região de clima tropical, apresenta altas taxas de incidência de luz solar, o que pode ter interferido na presença desses piretroides no ambiente, tendo em vista que são substâncias muito sensíveis à luz, reduzindo assim o tempo de meia vida que pode variar de 17 a 110 dias e impedindo assim a bioconcentração desses produtos. Além disso, nosso trabalho observou que as águas da região apresentaram um pH médio de 8,01, considerado alcalino, tornando os piretroides mais instáveis, pois quando dispersos em soluções aquosas os piretroides ficam mais susceptíveis a hidrólise (Laskowski, 2002). Esses fatores podem ter influenciado também na presença da cipermetrina e deltametrina nas amostras de sedimento, visto que não foi observada a presença desses compostos nem por CCD nem por CLAE (Tabela 1 e Figura 2).

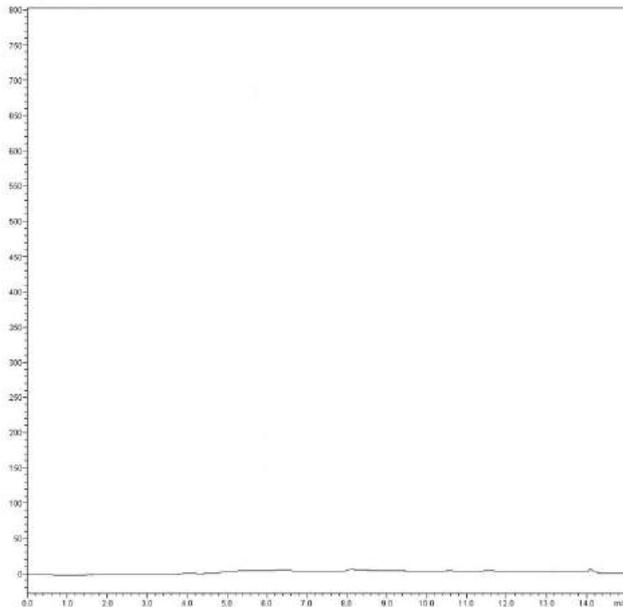


Figura 2. Cromatograma do sedimento da piscicultura 17 período chuvoso não demonstrando picos em qualquer tempo de retenção.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que apesar dos peixes não apresentarem contaminação por cipermetrina e deltametrina no músculo e sedimento, faz-se necessário à realização de futuras análises, para a identificação de novos compostos, visto que já foi observada a utilização de vários inseticidas na região (Britto et al., 2015). Além disso, é importante investigar a presença desses compostos em outros tecidos dos tambaquis, pois estes produtos podem estar afetando indiretamente na produção desses animais, e consequentemente na economia da região.

Conclusões

Através deste trabalho não foi identificada a presença de cipermetrina e deltametrina nos músculos e sedimento dos peixes coletados na região do Baixo São Francisco Sergipano, porém destaca-se a importância de novas investigações para a presença de outros contaminantes nos tambaquis.

Referências

ANVISA. **Resolução RE nº 1.897 de 15 de julho de 2016.** Disponível em:
<<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/C10%2B%2BCipermetrina.pdf/37400888-3f11-44ed-b53f-dea1abacb865>>
Acesso em: 01 mar. 2018.

ANVISA. **Resolução - RE nº 2.002, de 28 de julho de 2016.** Disponível em:
<<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/D06%2B%2BDeltametrina.pdf/f3f40b14-63aa-43d1-bf05-3245e8437e74>>
Acesso em: 01 mar. 2018

ÁZNAR-ALEMANY, O.; ELJARRAT, E.; BARCEL, D. Effect of pyrethroid treatment against sea lice in salmon farming regarding consumers' health. **Food and Chemical Toxicology**, v. 105, p. 347-354, abr. 2017.

BRISCO. **Ficha de informações de segurança de produto químico:** Acetato de Etila. Disponível em: <<http://www.brisco.com.br/fispq/acetato-de-etila.pdf>> Acesso em: 10 jul.2018.

BRITTO, F. B.; SILVA, T. M. M.; VASCO, A. N.; NETTO, A. O. A.; CARVALO, C. M. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no perímetro irrigado Betume no Baixo Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 158-170, set. 2015.

CÉSAR, I. C.; BRAGA, F. C.; VIANNA-SOARES, C. D. Determinação de daidzeína, genisteína e gliciteína em cápsulas de isoflavonas por cromatografia em camada delgada (CCD). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 4, p. 616- 625, dez. 2007.

DEGANI, A. L.; CASE, Q. L.; VIERA, P. C. Cromatografia Um Breve Ensaio. **Química Nova Na Escola**, v. 7, p. 21-25, maio 1998.

FREEDMAN, B.; PRYDE, H.; KWOLEK, W. F. Thin layer chromatography/flame ionization analysis of transesterified vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 61, n. 7, p. 1215-1220, jul. 1984.

HOWE, G. E.; MARKING, L. L.; BILLS, T. D.; RACH, J. J.; MAYER, F. L. Effects of water temperature and pH on toxicity of terbufos, trichlorfon, 4-nitrophenol and 2,4-dinitrophenol to the amphipod *Gammarus pseudolimnaeus* and rainbowtrout *Oncorhynchus mykiss*. **Environ Toxicol Chem.**, v. 13, n. 1, p. 51-66, jan. 1994.

JABEEN, F.; CHAUDHRY, A. S.; MANZOOR, S.; SHAHEEN, T. Examining pyrethroids, carbamates and neonicotinoids in fish, water and sediments from the Indus River for potential health risks. **Environ Monit Asses**, v. 187, n. 2, fev. 2015.

JIA, F.; WANG, W.; WANG, J.; YIN, J.; LIU, Y.; LIU, Z. New strategy to enhance the extraction efficiency of pyrethroid pesticides in fish samples using a modified QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) method. **Analytical Methods**, v. 4, n. 2, p. 449-543, 2012.

KOÇ, N. D.; AKBULUT, C.; KAYHAN, F. E.; KAYMAK, G. Histopathological changes in testis of the swordtail fish, *Xiphophorus helleri* (Pisces: Poeciliidae) exposed to deltamethrin. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 21, n. 10, out. 2012.

LASKOWSKI, D. A. Physical and chemical properties of pyrethroids. **Reviews Of Environmental Contamination Toxicology**, v. 174, p. 49-170, 2002.

LEWIS, K. A.; TZILIVAKIS, J.; WARNER, D. J.; GREEN, A. An international database for pesticide risk assessments and management. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 22, n. 4, p. 1050-1064, mar. 2016.

LIANG, Y., ZHOU, S., HU, L., LI, L., ZHAO, M., LIU, H. Class-specific immunoaffinity monolith for efficient on-line clean-up of pyrethroids followed by high-performance liquid chromatography analysis. **Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**, v. 15, n. 878, p. 278-282, jan. 2010.

MEDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. K. **Vogel: Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. 488 p.

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretroides: uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 339-349, set. 2007.

SANTOS, W. M. C.; ALVES, G. B. M. Modelagem do potencial de poluição hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Manso – MT. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 5, n. 1, p. 289-304, fev. 2014.

SILVA, C. A.; FUJIMOTO, R. Y. Crescimento de tabaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 323-332, 2015.

SVARTZ, G.; MEIJIDE, F.; COLL, C. P. Effects of a fungicide formulation on embryo-larval development, metamorphosis, and gonadogenesis of the south American toad *Rhinella arenarum*. **Environ Toxicol Pharmacol**, v. 45, p. 1-7, jul. 2016.

VIEIRA, H. P.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, de M. L. R. Otimização e validação da técnica de extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura (ELL-PBT) para piretroides em água e análise por CG. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 535-540, 2007.

WANG, H.; YAN, H.; QIAO, J. Miniaturized matrix solid-phase dispersion combined with ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of three pyrethroids in soil. **Journal of Separation Science**, v. 35, n. 2, p. 292-298, jan. 2012.