

Avaliação da contaminação por deltametrina e cipermetrina na água de pisciculturas do Baixo São Francisco

Tereza Vitória Brito D'Ávila¹, Cindy Caroline Moura Santos², Fernanda dos Santos Cunha³, Bruno Santos Lima⁴, Yasmim Maria Barbosa Gomes de Carvalho⁵, Adriano Antunes de Souza Araújo⁶, José Guedes de Sena Filho⁷, Alexandre Nizio Maria⁸, Paulo Cesar Falange Carneiro⁹, Ricardo Coelho de Sousa¹⁰, Rodrigo Yudi Fujimoto¹¹

Resumo - Os piretroides são defensivos agrícolas que se destacam por serem efetivos no controle de pragas e baixa toxicidade aos mamíferos, porém seus resíduos podem gerar impactos ambientais, afetando corpos hídricos e os organismos aquáticos. A cipermetrina e deltametrina são piretroides utilizados na região do Baixo São Francisco sergipano nas atividades agrícolas, o que gera uma preocupação ambiental e social, visto que esta região também é responsável pela produção de peixes no estado de Sergipe. Diante disto, o objetivo do presente estudo foi identificar a presença dos piretroides cipermetrina e deltametrina na água do rio São Francisco, córregos de abastecimento e pisciculturas, para auxiliar futuras políticas públicas que colaborem com a redução do uso indiscriminado e inadequado desses compostos. Para isto, foram mensurados os parâmetros físico-químicos de água de 10 pisciculturas, 9 córregos e 3 afluentes do rio São Francisco no município de Propriá, SE durante o período chuvoso (agosto a outubro de 2017) e seco (novembro de 2016 e janeiro de 2017) assim como a coleta de 1 litro de água para determinação dos piretroides. Este material foi armazenado em frascos de polietileno, protegidos da luz, conservado em gelo, transportado para o laboratório de aquicultura e armazenados a -20 °C. Posteriormente realizou-se, em cada amostra, a microextração líquido-líquido dispersiva para então análise em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A partir das análises dos parâmetros de qualidade da água observou-se que esta não foi restritiva para o crescimento dos peixes. Mas pela CLAE foi possível identificar a presença de cipermetrina e deltametrina em amostras de água da região. A cipermetrina foi identificada em 8 pontos no período chuvoso e em 18 pontos no período seco dentre os 22 pontos amostrados com variação de 0,0155 µg/L a 1,0492 µg/L, e a deltametrina foi encontrada em 5 pontos no período chuvoso e em 10 pontos no período de seca com variação entre 0,02775 µg/L a 0,3024 µg/L. Através deste estudo foi possível observar que a presença dos piretroides nas águas do Baixo São Francisco excedeu os limites propostos pelas legislações internacionais, com maiores concentrações na época de seca, representando assim um fator de impacto ambiental para a qualidade de água das pisciculturas e córregos de drenagem, o que ocasiona uma maior preocupação para a formulação de políticas públicas que tenham como objetivo a conservação dos recursos hídricos.

Termos para indexação: recursos hídricos, cromatografia, contaminação, piretroides.

Introdução

Os defensivos agrícolas são definidos como agentes químicos ou biológicos que têm a finalidade de reduzir as perdas em plantações causadas por pragas e ervas daninhas a fim de garantir o potencial produtivo (Environment Agency, 1997). Nos últimos anos, houve um aumento no uso desses defensivos, provenientes da expansão de áreas agrícolas, o que ocasionou uma maior preocupação com o impacto que seus resíduos poderiam causar no meio ambiente (Sindag, 2011; Ramos, 2013; Saraiva et al., 2013).

Devido a esses possíveis impactos, defensivos antes utilizados como organofosforados, carbamatos e organoclorados, estão sendo substituídos pelos piretroides, que são inseticidas que proporcionam maior eficiência em baixas dosagens, menor impacto ambiental e são praticamente atóxicos para mamíferos. No entanto esses piretroides apresentam alta toxicidade para abelhas e organismos aquáticos (Waring, 2000; Koçak et al., 2002; Balint et al., 1995; Pimpão, 2007).

Dentre os piretroides mais utilizados estão a cipermetrina e a deltametrina que a depender da sua estrutura molecular, podem apresentar toxicidade moderada (II) e alta (III), respectivamente, para os ratos, causando letargia, leve tremor, salivação, diarreia e paralisia de acordo com Organização Mundial da Saúde (Who, 2006), já para os peixes, esses inseticidas são classificados como altamente tóxicos, causando efeitos comportamentais como letargia, batimento acelerado do opérculo e presença na superfície da água.

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

²Graduando em Farmácia, bolsista da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

³Engenheira de pesca, Aracaju, SE.

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

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

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

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

⁸Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁹Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

¹⁰Engenheiro Mecânico, mestre em Engenharia mecânica, analista da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

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

Os peixes apesar de não serem os organismos alvo dos piretroides acabam sendo atingidos de forma indireta, pois esses compostos alcançam os corpos hídricos, superficiais ou subterrâneos, por meio da lixiviação, percolação, e/ou escoamento superficial (Barrionuevo; Lanças, 2001; Tomita; Beyruth, 2002; Senger et al., 2005; Pimpão, 2006; Jaensson et al., 2007). Alguns estudos já comprovaram a contaminação de recursos hídricos por piretroides em várias partes do mundo, como em águas do mar, subterrânea e para consumo humano nos Estados Unidos e na Espanha (Ritter, 1990; Gutiérrez et al., 1998; Coly; Aaron, 1998). Valores de referência já foram estabelecidos em legislações internacionais, como pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente que estabeleceu 0,0004 µg/L de deltametrina para a proteção aquática (CCME, 1997) e de 0,0001 µg/L de cipermetrina estabelecida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1997).

No Brasil foi possível identificar que 19 princípios ativos são utilizados na região do Baixo São Francisco, sendo dois destes princípios a cipermetrina e a deltametrina (Britto et al., 2015). Esta região é caracterizada por áreas de várzeas inundáveis próximas as margens do rio, propícias tanto para o cultivo agrícola, quanto para a construção de viveiros de piscicultura (Galindo, 2000). Assim, uma possível contaminação por piretroides deve ser investigada na região a fim de garantir a sustentabilidade das atividades agrícolas e pecuárias assim como a saúde pública.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as águas do rio, córregos de drenagem e pisciculturas situados na região do Baixo São Francisco sergipano quanto à contaminação por piretroides, de forma a auxiliar em futuras políticas públicas que colaborem com a redução do uso indiscriminado e inadequado desses compostos.

Material e Métodos

Localização dos pontos de amostragem

Foram marcados vinte e dois pontos de coletas de água, no município de Propriá, SE (Tabela 1) com o auxílio do equipamento GPS (Garmin®). Dez desses pontos estão localizados em pisciculturas, três em afluentes do rio São Francisco e nove em canais de abastecimentos de riziculturas e pisciculturas. As coletas de água foram realizadas no período chuvoso (agosto a outubro de 2017) e seco (novembro 2016 a janeiro de 2017).

Tabela 2. Descrição dos pontos de coleta no Baixo São Francisco sergipano.

Local	Ponto de coleta	Coordenadas geográficas		Local	Ponto de coleta	Coordenadas geográfica	
		Latitude	Longitude			Latitude	Longitude
Piscicultura	P2	-10,256	-36,749	Piscicultura	P17	-10, 212091	-36, 851612
Córrego	P4	-10, 254155	-36, 751195	Córrego	P18	-10, 212086	-36, 851615
Piscicultura	P6	-10, 2512	-36, 754476	Piscicultura	P19	-10, 202958	-36, 854378
Córrego	P7	-10, 251723	-36, 754269	Córrego	P20	-10, 202646	-36, 853989
Piscicultura	P8	-10, 267135	-36, 740495	Córrego	P22	-10, 208080	-36, 861473
Córrego	P10	-10, 264843	-36, 741253	Piscicultura	P23	-10, 206057	-36, 860798
Piscicultura	P11	-10, 235869	-36, 797442	Piscicultura	P24	-10, 206026	-36, 860747
Piscicultura	P12	-10, 227493	-36, 866151	Córrego	P25	-10, 221048	-36, 856793
Piscicultura	P13	-10, 212848	-36, 852758	Rio Cot	P26	-10, 254446	-36, 752314
Córrego	P15	-10, 228593	-36, 861807	Rio SF1	P27	-10, 19975	-36, 844264
Córrego	P16	-10, 212913	-36, 852713	Rio SF2	P28	-10, 20512	-36, 840346

*SF1: Afluente do São Francisco amostra 1; SF2: Afluente do São Francisco amostra 2; COT: Rio Cotinguiba (afluente do São Francisco).

Coleta de amostragem de água e análises de parâmetros de qualidade de água

Foram coletados 1000 mL de água de cada ponto de amostragem. Estas amostras foram armazenadas em frascos de polietileno, protegidas de luz, identificadas e condicionadas em gelo, em seguida levadas a laboratório para a realização das análises cromatográficas. Realizou-se ainda in loco análises de parâmetros de qualidade de água como o pH, mensurado com a utilização de pHmetro Akrom; Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura da água mensurados com a utilização de uma sonda multiparâmetros HANNA e Condutividade Elétrica (CE) através de uma sonda YSI.

Preparação de soluções padrões dos piretroides

Foram obtidos padrões dos piretroides cipermetrina, deltametrina e esfenvalerato (*Sigma Aldrich*®). Para o preparo das soluções padrões, em concentração de 100 µg.L⁻¹, utilizou-se o metanol (*J.T. Baker*® para HPLC) como solvente. As soluções foram submetidas a banho ultrassom por um tempo de 30 minutos para melhor diluição e posteriormente filtradas em membrana de 0,45 µm (*Chromafil*® Xtra PTFE).

Micro Extração Líquido-Líquido Dispersivo (MELLD) dos piretroides

Para a extração dos análitos de interesse (piretroides), as amostras de água foram submetidas a MELLD. Cada amostra coletada foi descongelada a temperatura de 4 °C e posteriormente retirada uma alíquota de 30 mL, filtrada em papel filtro de 205 µm (Qualy). Adicionou à amostra 7,5 mL de metanol (*NEON*®) e 1,8 mL de clorofórmio (*Sigma Aldrich*®) onde foram misturados com a utilização de uma pipeta de Pasteur (3 mL) até a formação de uma solução turva. Desta solução retirou uma alíquota de 10 mL e inseriu em um tubo de vidro de 15 mL, sendo agitada manualmente por 30 segundos e centrifugada a 4000 RPM por um tempo de 5 minutos.

Após o processo de centrifugação ocorreu à decantação do clorofórmio (solvente extrator) e os piretroides (análitos) no fundo do tubo, separados então do metanol (solvente disperso) e a água contida na amostra bruta. Da solução depositada no fundo do tubo retirou-se 500 µL, que foram transferidos para um vial de 1,5 mL, e posteriormente secos com a N₂ gasoso para a retirada do clorofórmio. Após a secagem, o resíduo restante no vial foi restituído com 1 mL de acetonitrila (*Exodo Científica*® para UV/HPLC) e posterior injeção no CLAE (Fernández Ramos et al., 2014).

Análises por cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Para essa análise utilizou um cromatógrafo líquido *Shimadzu*® com a seguinte configuração: Gaseificador DGU- 20*3, duas bombas LC-2AD, um injetor automático SIL-20*HT, um forno CTO-20 A um detector de arranjo de diodos SPD20Avp, acoplados a um sistema controlador CBM-20 A. A determinação dos piretroides ocorre em uma coluna analítica Him-Pack® C18-250 x 4,6 mm (5µm tamanho da partícula), conectada à uma pré-coluna *Phenomenex*® C18-30 x 4 mm (4 µm tamanho da partícula). Como fase móvel, a água ultrapura (A) (*milliq System, Millipore*®) e acetonitrila (B) foram utilizadas.

As análises dos padrões de piretroides foram realizadas utilizando um sistema de gradiente de eluição, no qual iniciou com 70% de B por um período de 1 minuto, 70%-95% de B durante 1 minuto-2 minutos, 95%-100% de B durante 2 minutos-10 minutos, 100%-70% de B durante 10 minutos-15 minutos, com retorno as condições iniciais e finalizando as análises. O fluxo de fase móvel foi de 0,8 mL/min. e o volume de injeção das amostras de 20 µL. A temperatura das análises foi de 25 °C com um comprimento de onda (λ) para a detecção dos compostos em 210nm.

Análises dos piretroides por CLAE

As soluções padrões e diluições foram analisadas por CLAE no comprimento de onda de 210 nm. De acordo com os resultados obtidos, o emprego de um sistema gradiente de eluição com fase móvel acetonitrila/ água ultrapura foi adequado.

Identificação e quantificação dos piretroides nas matrizes

Para a quantificação dos compostos, foram feitas curvas de calibração utilizando cada padrão de piretroide. As curvas foram obtidas através da diluição e análises de concentrações no intervalo linear de 0,01 µg/L a 10µg/L para a cipermetrina e deltametrina, com análises realizadas em triplicatas (n=3). As identificações dos piretroides foram determinadas pela co-injeção dos padrões de cipermetrina e deltametrina comparando com o tempo de retenção extraído das amostras analisadas por CLAE.

Resultados e Discussão

Parâmetros de qualidade de água

Notou-se que os resultados obtidos foram satisfatórios quando comparados com a resolução CONAMA 357 de 2005 do Ministério do Meio Ambiente, que dispõe sobre as condições e padrões de parâmetros de qualidade dos corpos hídricos. Os valores estão dentro dos padrões desejados pela legislação. Foram registrados médias de temperatura de 27.59±1.62 °C, de oxigênio dissolvido de 6.29±2.6 mg/L, e de pH de 8.0±0.31, sendo que esses valores podem influenciar na hidrólise destes defensivos quando em solução aquosa com pH acima do neutro e alta concentração de oxigênio que possibilitaria uma menor persistência no meio ambiente, contudo, foi possível identificar a presença de cipermetrina e deltametrina em amostras de água na região, possivelmente devido a sua grande utilização nas culturas encontradas na região (Usepa, 1989; Santos, 2007). O esfenvalerato não foi encontrado nas águas de região.

Curva padrão

A partir da análise dos padrões foram definidas duas equações de regressão sendo $y = 93072x + 60698$ para cipermetrina e $y = 87019x + 42032$ para deltametrina. As curvas obtidas para cada padrão estão de acordo com o requerido pela Resolução 899 da ANVISA, determinando que o valor de r seja $\geq 0,99$ (ANVISA, 2003), podendo assim serem utilizadas para a determinação da concentração dos piretroides nas amostras de água. Dessa maneira, a cipermetrina apresentou tempo de retenção de 5,2 minutos e a deltametrina de 5,8 minutos utilizando acetonitrila/água ultrapura como solventes móveis, sendo os mesmos considerados adequados devido a eluição de um pico cromatográfico com excelente resolução do cromatograma.

Identificação dos piretroides

As concentrações de cipermetrina e deltametrina identificadas por meio da CLAE nos pontos de coletas estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Concentração de Cipermetrina e Deltametrina em µg/L nos pontos de coleta de água na região do Baixo São Francisco sergipano.

Ponto de coleta	Local	Cipermetrina	Deltametrina	Cipermetrina	Deltametrina
		Chuva	Chuva	Seca	Seca
P 2	Piscicultura	0,4067	0,07488	0,6690	0,1794
P 4	Córrego	0,4811	0,03960	0,0159	0,0335
P 6	Piscicultura	<LQ	<LQ	0,0000	0,0000
P 7	Córrego	0,0984	0,06565	0,1569	0,0242
P 8	Piscicultura	0,2083	0,08810	0,7263	0,1889
P 10	Córrego	<LQ	<LQ	0,0205	0,0000
P 11	Piscicultura	<LQ	<LQ	0,4143	0,0715
P 12	Piscicultura	0,2691	0,02775	0,6081	0,0381
P 13	Piscicultura	0,0296	<LQ	0,7384	0,3024
P 15	Córrego	<LQ	<LQ	0,0576	0,0137
P 16	Córrego	<LQ	<LQ	0,1490	0,0000
P 17	Piscicultura	0,0489	<LQ	1,0492	0,0000
P 18	Córrego	<LQ	<LQ	0,0314	0,0000
P 19	Piscicultura	0,0155	<LQ	0,6015	0,1178
P 20	Córrego	<LQ	<LQ	0,1471	0,0000
P 22	Córrego	<LQ	<LQ	0,1288	0,0000
P 23	Piscicultura	<LQ	<LQ	0,6191	0,0000
P 24	Piscicultura	<LQ	<LQ	0,5495	0,1919
P 25	Córrego	<LQ	<LQ	0,0823	0,0000
P 26	Rio COT.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P 27	Rio S. F1.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P 28	Rio S. F2.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

*LQ- Limite de Quantificação. **SF1: Afluente do São Francisco amostra 1; SF2: Afluente do São Francisco amostra 2; COT: Rio Cotínguiba (afluente do São Francisco).

A cipermetrina foi identificada em 8 pontos no período chuvoso e em 18 pontos no período seco dentre os 22 pontos amostrados com variação de 0,0155 µg/L a 1,0492 µg/L, sendo que esses valores estão acima do permitido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (1997) que propõe um valor máximo de 0,0001 µg/L em corpos hídricos de água doce (EPA, 1997). Já a deltametrina foi encontrada em 5 pontos no período chuvoso e em 10 pontos no período de seca com variação entre 0,02775 µg/L a 0,3024 µg/L, concentrações estas acima do recomendado por legislação internacional, como o Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (1994). Apesar de não haver legislação nacional para os piretroides, a deltametrina e cipermetrina estão acima do que é permitido por legislações internacionais.

Os resultados da identificação e quantificação da cipermetrina e deltametrina nos pontos de piscicultura e córregos de drenagem foram maiores que as concentrações encontradas em outras partes do mundo como no delta do rio Ebro na península Ibérica que apresentou valores variando de 0,00073 µg/L a 0,000572 µg/L para deltametrina e 0,002 µg/L a 0,000588 µg/L para a cipermetrina. Na China, no reservatório de Guanting, em áreas agrícolas também são relatadas concentrações menores de piretroides como 0,00125 µg/L de cipermetrina e 0,004301 µg/L para a deltametrina (Feo et al., 2010; Xue et al., 2005; Weston, 2010).

Os piretroides são altamente tóxicos aos organismos aquáticos e que por serem lipofílicos, acabam sendo facilmente absorvidos pelas brânquias podendo causar diversos danos como a dificuldade na troca gasosa, lesões nas estruturas de órgãos como fígado, rins, cérebro e músculos, e a indução em alterações genotóxicas, e dependendo da concentração pode ocasionar a morte (Bols et al., 2001; Borges, 2007; Singh, 2008). Além disso, os piretroides podem interferir na reprodução de peixes de clima temperado, como o salmão (Moore; Waring, 2000), e eles podem bioconcentrar como já observado por Aznar-Aleman et al. (2017) em salmões cultivados nos Estados Unidos, Chile, Dinamarca, França, Noruega, Escócia e Espanha.

Apesar de serem altamente sensíveis à deltametrina e cipermetrina, não são observadas mortalidades de peixes na região do Baixo São Francisco. O que pode justificar essa não mortalidade dos peixes na região é o fato que peixes adultos possuem uma maior resistência aos compostos químicos. A tilápia, por exemplo, segunda espécie mais cultivada na região do Baixo São Francisco sergipano, apresenta uma CL50 de 5,99 µg/L e 14,6 µg/L para a cipermetrina e deltametrina, respectivamente. Porém, isso não minimiza o impacto do presente estudo, visto que os peixes cultivados na região podem estar sofrendo alterações hematológicas e histopatológicas, bem como bioconcentrando esses compostos químicos, o que traz uma preocupação para a saúde pública, visto que esses peixes serão destinados ao consumo humano (Sarıkaya; Ansari et al., 2009; Cengiz; Unlu, 2006).

Devido a esses possíveis problemas causados à qualidade da água e aos organismos aquáticos pelo uso de defensivos agrícolas como piretroides, as implementações de políticas públicas devem ser realizadas para que possa definir limites máximos para estes defensivos e garantir a proteção aquática e a saúde pública. Como também sendo necessária a criação de medidas mitigadoras para a redução da contaminação dos corpos hídricos que fazem parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Conclusão

O uso de piretroides no Baixo São Francisco excedeu os limites propostos pelas legislações internacionais representando um fator de impacto ambiental para a qualidade de água das pisciculturas e córregos de drenagem, como também para as espécies de peixes cultivadas. O que ocasiona uma maior preocupação para a formulação de políticas públicas que tenham como objetivo a conservação desses.

Referências

- ANSARI, R. A.; KAUR, M.; AHMAD, F.; RAHMAN, S.; RASHID, H.; ISLAM, F.; RAISUDDIN, S. Genotoxic and Oxidative Stress-inducing Effects of Deltamethrin in the Erythrocytes of a Freshwater Biomarker Fish Species, *Channa punctata* Bloch. **Jornal in Environmental Toxicology**, v. 24, n. 5, pg. 429-436, oct. 2009.
- ANVISA. **Resolução - RE nº 899, de 29 de maio de 2003**. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_899_2003_COMP.pdf/ff6fdc6b-3ad1-4d0f-9af2-3625422e6f4b>. Acesso em: 17 de jul. 2018.
- AZNAR-ALEMANY, O., ELJARRAT, E., BARCELÓ, D. Effect of pyrethroid treatment against sea lice in salmon farming regarding consumers health. **Food Chemical Toxicology**, v.105, p. 347-354, abr. 2017.
- BÁLINT, T.; SZEGLETES, T.; SZEGLETES, Z. S.; HALASY, K.; NEMCSÓK, J. Biochemical and subcellular changes in carp exposed to the organophosphorus methidation and the pyrethroid deltametrin. **Aquatic Toxicology**, v. 33, n. 3-4, p. 279-295, oct. 1995.
- BARRIONUEVO, R. W.; LANÇAS, F. M. Extração em fase sólida (SPE) e micro extração em fase sólida (SPME) de piretroides em água. **Química Nova**, v. 24, n. 2, p. 172-175, out. 2001.
- BOLS, N. C.; BRUBACHER, J. L.; GANASSIN, R. C.; LEE, L. E. J. Ecotoxicology and innate immunity in fish. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 25, n. 8-9, p. 853-873, out. 2001.
- BORGES, A. Changes in hematological and serum biochemical values in Jundiá *Rhamdia quelen* due to sub-lethal toxicity of cipermethrin. **Chemosphere**, v. 69, n. 6, p. 920-926, out. 2007.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. **Deltamethrin**. Hull, 1999. 3 p. Disponível em: <<http://ceqg-rcqe.ccmec.ca/download/en/170>>.
- CENGİZ, E. I.; UNLU, E. Sublethal effects of commercial deltamethrin on the structure of the gill, liver and gut tissues of mosquitofish, *Gambusia affinis*: A microscopic study. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 21, n. 3, p. 246- 253, may. 2006.
- CODEVASF. **Produção de pescado**: renda alternativa para os produtores do Baixo São Francisco. Aracaju, 2016. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/publicacoes/boletim-informativo-dos-projetosda-codevasf/BIP14/producao-de-pescados/?searchterm=propri%C3%A1>>. Acesso em: 13 de nov. 2017.
- COLY, A. AARON, J. J. Cyclodextrin-enhanced fluorescence and photochemically-induced fluorescence determination of five aromatic pesticides in water. **Analytica Chimica Acta**, v. 360, n. 1-3, p.129-141, mar. 1998.
- ENVIRONMENT AGENCY PESTICIDES IN THE AQUATIC ENVIRONMENT. National Centre for Toxic and Persistent Substances, 1997.
- FEO, M. I. L.; GINEBREDÁ, A.; ELJARRAT, E.; BARCELÓ, D. Presence of pyrethroid pesticides in water and sediments of Ebro River Delta. **Journal of Hydrology**, v. 393, p. 156-162, nov. 2010.
- FERNÁNDEZ-RAMOS, C.; ŠATÍNSKÝ, D.; SOLICH, P. New method for the determination of carbamate and pyrethroid insecticides in water samples 76 using online SPE fused core column chromatography. **Talanta**, v. 129, p. 579– 585, jun. 2014.
- FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; MARTÍNEZ-VIDAL, C. L.; ARREBOLA-LIÉBANAS, F. J.; GONZALES-CASADO, A.; VILCHEZ, J. L. Determination of endosulfan and some pyrethroids in waters by micro liquid-liquid extraction and GC-MS. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 360, n. 5, p. 568-572, mar. 1998.

- GALINDO, L. C.; CASTRO, A. L. **Recomendações técnicas para a criação de peixes no Baixo São Francisco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2000. 36 p.
- IBGE. **Estimativa populacional dos municípios do Baixo São Francisco**, Brasília, DF, 2013. Disponível em < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=28&search=sergipe> >. Acesso em: 13 de nov. 2017.
- JAENSSON, A.; SCOTT, A. P.; MOORE, A.; KYLIN, H.; OLSÉN, K. H. Effects of a pyrethroid pesticide on endocrine responses to female odours and reproductive behavior in male parr of brown trout (*Salmo trutta* L.). **Aquatic Toxicology**, v. 81, n. 81, p. 1-9, fev. 2007.
- KOÇAK, O.; POLAT, H.; ERKOÇ, F. U.; VIRAN, R. Investigation of acute toxicity of beta-cypermethrin on guppies *Poecilia reticulata*. **Chemosphere**, v. 49, n. 1, p. 39-44, out. 2002.
- MOORE, A.; WARING, C. P. The effects of a synthetic pyrethroid pesticide on some aspects of reproduction in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). **Aquatic Toxicology**, v. 52, n. 1, p. 1-12, mar. 2001.
- PIMPÃO, C. T. **Avaliação aguda dos efeitos toxicológicos da deltametrina em uma espécie de peixe fluvial nativo: estudo bioquímico e imunotóxico**. 2006. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- PIMPÃO, C. T.; ZAMPRONIO, A. R.; SILVA DE ASSIS, H. C. Effects of deltamethrin on hematological parameters and enzymatic activity in *Ancistrus multispinis* (Pisces, Teleostei). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 88, p. 122-127, jun. 2007.
- RITTER, W. F. Pesticide contamination of ground water in United States: a review. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 25, n.1, p. 1-29, mar. 1990.
- 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, jul. 2007.
- SARIKAYA, R. Investigation of Acute Toxicity of Alpha-Cypermethrin on Adult Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 9, p. 85-89, jan. 2009.
- SENGER, M. R.; RICO, E. P.; BEM, A. M. de; ROSEMBERG, D. B.; DIAS, R. D.; BOGO, M. R.; BONAN, C. D. Carbofuran and malathion inhibit nucleotide hydrolysis in zebrafish (*Danio rerio*) brain membranes. **Toxicology**, v. 212, n. 2-3, p. 107-115, sep. 2005.
- SINGH, P. B.; SINGH, V. Cypermethrin induced histological changes in gonadotrophic cells, liver, gonads, plasma levels of estradiol-17 β and 11-ketotestosterone, and sperm motility in *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Chemosphere**, v. 72, n. 3, p. 422-431, abr. 2008.
- SILVA, D. R. O. da; AVILA, L. A. de; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; OLIVEIRA, E. de; ZANELLA, R.; NOLDIN, J. A. Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2383-2389, dez. 2009.
- TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de Agrotóxicos em Ambiente Aquático. **O Biológico**, v. 64, n. 2, p. 135-142, dez. 2002.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Pesticide Fact Sheet Number 199: cypermethrin**. Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, DC, 1989. 9 p.
- XUE, N.; XU, X.; JIN, Z. Screening 31 endocrine-disrupting pesticides in water and surface sediment samples from Beijing Guanting reservoir. **Chemosphere**, v. 61, n. 11, p. 1594-1606, dez. 2005.
- WESTON, D. P.; LYDY, M. Urban and Agricultural Sources of Pyrethroid Insecticides to the Sacramento-San Joaquin Delta of California. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 1833-1840, fev. 2010.
- WHO. **Who specifications and evaluations for public health pesticides: Deltamethrin**. Washington, DC, 2006. p 58.