

O USO DE PRAGUICIDAS NAS PISCICULTURAS E PESQUEIROS SITUADOS NA BACIA DO RIO MOGI-GUAÇU*

Ricardo LUVIZOTTO-SANTOS¹; Márcia Noélia ELER²; Evaldo Luiz Gaeta ESPÍNDOLA^{2,3}; Eny Maria VIEIRA⁴

RESUMO

O uso de praguicidas vem sendo a principal forma de combater os ectoparasitas que ameaçam a produtividade aquícola. O uso indiscriminado destas substâncias pode ocasionar danos aos ecossistemas aquáticos que recebem os efluentes dos tanques, comprometendo a qualidade ambiental, além de representar risco aos consumidores. Com o objetivo de avaliar o uso de praguicidas nas atividades aquícolas inseridas na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, uma série de entrevistas foram realizadas junto aos proprietários de pesqueiros e/ou pisciculturas. De um total de 89 empreendimentos, cerca de 40% admitiram ter usado praguicidas durante as práticas de manejo nos últimos anos, sendo que os mais utilizados foram os inseticidas diflubenzuron, paration metílico, tricolorfon e triflumuron. Além das entrevistas, foram realizadas coletas em três empreendimentos localizados no Município de Socorro, SP (sub-bacia do Rio do Peixe), cujos responsáveis admitiram ter usado praguicidas nos tanques. Não foram detectados resíduos dos inseticidas diflubenzuron, paration metílico e diclorvós em nenhuma das amostras de água, sedimentos e peixes coletadas em duas épocas distintas do ano (baixa e alta temporada de pesca). O fato de não terem sido detectados resíduos dos principais inseticidas nestas amostras corrobora a afirmação dos proprietários de que não têm utilizado praguicidas recentemente nas práticas de manejo dos tanques. Mesmo assim, a falta de critérios na utilização destes compostos e os potenciais riscos decorrentes destas práticas são discutidos no texto.

Palavras-chave: Diclorvós; diflubenzuron; paration metílico; tilápia; tricolorfon; triflumuron

THE USE OF PESTICIDES IN FISH FARMS AND FEE FISHING ENTERPRISES FROM MOGI-GUAÇU CATCHMENT

ABSTRACT

The use of pesticides has been the main strategy to prevent ectoparasites that threaten aquaculture productivity. The non regulated use of such chemicals may lead to damage in aquatic ecosystems that receive the ponds effluents, compromising environmental and consumers' health. With the aim of evaluate the use of pesticides in aquacultural practices developed in Mogi-Guaçu catchment, fish farm and fee fishing owners were interviewed. Eighty-nine enterprises were visited, and was verified that about 40% uses pesticide during management practices in recent years. The diflubenzuron, methyl parathion, trichlorfon and triflumuron were the pesticides most used. In addition to the interviews, samples were taken in 3 enterprises localized in Socorro, SP (Peixe River sub-catchment) which had a pesticide usage history. It was not detected residues of the pesticides diflubenzuron, methyl parathion and dichlorvos in any water, sediments nor fishes samples from tow distinct seasons (lower and high fishing seasons). On fact, non-detected pesticides residues corroborate with the fish farmers statement to deny recently pesticide usage during management practices. Nevertheless, the lack of chemotherapeutics usage criteria and the potential hazardous due to these practices were discussed.

Key words: Dichlorvos; diflubenzuron; metyl parathion; tilapia; trichlorfon; triflumuron

Artigo Científico: Recebido em: 11/08/2008 - Aprovado em: 18/08/2009

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq Arnold Schimidt - CEP: 13566-590 - São Carlos - SP -Brasil
e-mail:luvizottosantos@hotmail.com

² Núcleo de Estudos em Ambientes Aquáticos, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. e-mail:marciaeler@yahoo.com.br

³ e-mail:elgaeta@sc.usp.br

⁴ Grupo de Química Analítica Aplicada a Medicamentos e Ecossistemas. Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo. Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq Arnold Schimidt - CEP: 13566-590 - São Carlos - SP -Brasil
e-mail:eny@iqsc.usp.br

* Apoio financeiro FAPESP

INTRODUÇÃO

A piscicultura continental tem se destacado dentro do agronegócio brasileiro por ser uma alternativa altamente viável para o meio rural, considerando o potencial de geração de empregos, o baixo custo da produção, o aumento da demanda de alimentos, as qualidades nutritivas do pescado e o fato da piscicultura poder ser praticada em áreas inadequadas à agricultura tradicional (CYRINO *et al.*, 2004). Além de uma alternativa econômica, fornece uma importante fonte de lazer e turismo, principalmente em locais próximos aos grandes centros urbanos (ESTEVES e ISHIKAWA, 2006). Segundo o último levantamento realizado pelo IBAMA (2007), a produção da aquicultura continental foi de 179.746 toneladas, o que representou 17,8% da produção de pescado total do Brasil no ano de 2005. Apesar da produção ter sido 0,5% menor que no ano anterior, a região Sudeste apresentou um crescimento de 4,3%. Por outro lado, o aumento da atividade aquícola tem despertado a atenção quanto aos riscos potenciais geralmente associados à atividade (BOYD e MASSAUT, 1999), sobretudo os danos ao meio ambiente e à saúde dos consumidores. Neste sentido, QUEIROZ *et al.* (2002) alertam para o fato de que o aproveitamento racional e otimizado do grande potencial aquícola brasileiro, mesmo sendo incipiente, pode causar problemas de ordem técnica e ambiental. Os efluentes da piscicultura podem ser considerados como fontes pontuais de poluição e, dependendo do tipo de cultivo, podem conter certos compostos químicos, os quais são empregados durante as práticas de manejo. Entre eles, destacam-se os parasiticidas, antibióticos, corantes, anestésicos, desinfetantes, oxidantes, reguladores de pH, algicidas, anti-incrustantes, aditivos plásticos e hormônios (BEVERIDGE *et al.*, 1991). A escassez de informações a respeito destas práticas representa um grande empecilho à adoção de medidas eficientes de controle desses produtos (MUNDAY *et al.*, 1992; VILLEN *et al.*, 1998).

O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de praguicidas nas pisciculturas e pesqueiros inseridos na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, através de entrevistas *in loco*, procurando identificar quais as formulações empregadas, quantidade e frequência de utilização. Além disso, três empreendimentos localizados no trecho

superior da bacia do Rio Mogi-Guaçu (sub-bacia do Rio do Peixe, Socorro, SP) foram avaliados quanto à presença de praguicidas em duas épocas distintas do ano, correspondendo à baixa temporada (início do inverno) e à alta temporada (verão).

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu localiza-se na região sudoeste do Estado de Minas Gerais e nordeste do Estado de São Paulo. Está compreendida entre os paralelos 21°45' e 22° 45' W e entre os meridianos 46° 15' e 47° 45' S. A área total de drenagem é de 17.460 km², desenvolvendo-se no sentido sudoeste-noroeste, sendo que do total, 15,18% pertencem ao Estado de Minas Gerais e 84,82% ao Estado de São Paulo (GANDOLFI, 1971).

No período de abril de 2001 a janeiro de 2004, foram feitas entrevistas semi-estruturadas com os proprietários das pisciculturas e pesqueiros, as quais partiram de certos questionamentos básicos apoiados em teorias e hipóteses (segundo ELER e ESPÍNDOLA, 2006) de interesse para a avaliação dos impactos da atividade aquícola na bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu. O questionário foi aplicado em 89 empreendimentos (pesqueiros e/ou pisciculturas). As principais questões abordadas pelo entrevistador foram em relação à práticas de manejo que envolviam a utilização de produtos químicos, sobretudo nas ações de profilaxia, tratamento de doenças (parasitas), combate a predadores ou preparação/desinfecção dos tanques. Procurou-se identificar quais os motivos que levaram os produtores a lançar mão destas aplicações, bem como quais as formulações empregadas, as dosagens e a periodicidade das aplicações.

Considerando a dimensão longitudinal do Rio Mogi-Guaçu e sua continuidade, o Município de Socorro apresenta uma localização destacada no trecho paulista, à montante da bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. Portanto, três empreendimentos situados neste município foram avaliados quanto ao uso e presença de resíduos dos praguicidas diflubenzuron (DFB), paration metílico (PM) e diclorvós (DDVP) nos tanques de piscicultura e pesca destas propriedades. As coletas foram realizadas entre junho de 2005, período de inverno correspondente à baixa temporada e época em que o manejo dos tanques

é reduzido, e janeiro de 2006, período de verão correspondente à alta temporada, quando a atividade nos pesqueiros é bastante intensa. Com o objetivo de obter o máximo de informações, a identidade dos empreendimentos e dos entrevistados foi mantida em sigilo. Dessa forma, as três propriedades avaliadas serão denominadas de pesqueiros A, B e C.

Na propriedade A, com 13 tanques (três de pesca e dez de cultivo), foram coletadas amostras em oito tanques, sendo dois de pesca e seis de cultivo, além da nascente que abastece a propriedade. No empreendimento B, com 15 tanques, sendo um de pesca e o restante de piscicultura, foram coletadas amostras em cinco tanques (o de pesca e mais quatro de cultivo), além da nascente que abastece a propriedade. No pesqueiro C, com dois lagos de pesca, um reservatório de água e três tanques de cultivo (totalizando seis), foram realizadas coletas em todos os tanques.

Amostras de água foram obtidas diretamente dos tanques, a aproximadamente 10 cm da superfície, com frascos de vidro de cor âmbar de 1 L. Em seguida, foram filtradas sob pressão negativa com filtro de microfibras de vidro (Filtrak) com 0,45 µm de porosidade. O volume filtrado foi armazenado sob refrigeração, em frasco de vidro âmbar, até o momento da extração dos praguicidas, sendo que o tempo de armazenamento nunca foi superior a cinco dias.

Para a extração dos organofosforados (PM e DDVP), 200 mL de água coletada foi concentrada em cartuchos de SPE (extração em fase sólida) RPC18 (Bakerbond), 500 mg, previamente condicionados com 10 mL de acetato de etila e 10 mL de água deionizada. Em seguida, foram eluídos com 5 mL de acetato de etila, reservados em *vial* de cor âmbar, e mantidos a -20°C até as análises em cromatografia gasosa (CG).

Para a extração do DFB, 200 mL de água coletada foi concentrada em cartuchos de SPE RPC18, 500 mg, previamente condicionados com 10 mL de metanol e 10 mL de água deionizada. Em seguida, foram eluídos com 5 mL de metanol, reservados em *vial* de cor âmbar, e mantidos a -20°C até as análises em cromatografia líquida (CLAE).

Os sedimentos foram coletados com o auxílio de um tubo tipo Core, de 10 cm de diâmetro, sendo que cada amostra foi composta de três lances aleatórios sobre o fundo dos tanques. Aproximadamente 1 kg de sedimento foi acondicionado em pote plástico (polipropileno) e congelado até o momento das análises. O período de armazenamento foi inferior a dez dias. O método de extração dos praguicidas foi adaptado de REDONDO *et al.* (1996) e BABIĆ *et al.* (1998). Após o descongelamento (temperatura ambiente), alíquotas de 10 g de sedimento, em triplicata, foram secas em estufa a 35°C, acondicionadas em becker juntamente com 25 mL de solvente (acetato de etila para DDVP e MP, e metanol para DFB) e, em seguida, levadas à sonicação, por 15 minutos, em água refrigerada. Após esta etapa, as alíquotas foram filtradas em filtro de papel qualitativo e, em seguida, levadas à secagem em rota- evaporador, a 35°C, sob pressão negativa. O resíduo foi ressuspensão em 1 mL de solvente e filtrado em cartucho de SPE C18. O volume recolhido foi acondicionado em frasco de vidro de cor âmbar a -20°C até o momento das análises.

Foram coletados dez peixes de cada pesqueiro, sendo cinco provenientes dos tanques de pesca e cinco dos tanques de cultivo, com auxílio de vara de pesca e/ou rede de arrasto. Após a coleta, os peixes foram anestesiados com benzocaína a 2%, pesados, medidos e sacrificados seguindo recomendação do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 2008). Os filés foram extraídos com faca fileteira, embalados em papel laminado e congelados em freezer (-20°C) até o momento das extrações, segundo metodologias de LUVIZOTTO-SANTOS *et al.* (2009a, 2009b). Para a análise dos filés de peixes, uma amostra de 5 g de filé, livre de escamas e espinhos foi triturada, por aproximadamente 1 minuto, com o auxílio de um processador de alimentos (mixer) com 30 mL de metanol, no caso das análises de DFB. Para as análises de DDVP e PM, as amostras de peixes foram trituradas juntamente com 15 g de sulfato de sódio anidro e 30 mL de acetato de etila, sob gelo. Em seguida, os extratos foram transferidos para tubos plásticos e centrifugados por 15 minutos a 5000xg, sob refrigeração (4°C). O sobrenadante foi recolhido (6 mL) e filtrado em cartucho SPE C18. O volume recolhido foi armazenado em frasco de vidro de

cor âmbar, em freezer (-20°C), até o momento das análises cromatográficas.

As determinações do diflubenzuron foram feitas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) utilizando-se um cromatógrafo Shimadzu, modelo 10AD-VP, comunicador Shimadzu CBM-10A e detector de arranjo de diodo Shimadzu SPD-M10A-VP. Foi utilizada uma coluna Zorbax C18 de fase reversa com 150 mm de comprimento, diâmetro interno de 4,6 mm e tamanho de partícula de 5 µm. Foram injetados 20 µL de amostra, sendo que a fase móvel empregada foi uma solução de 70% metanol e 30% água com ácido trifluoracético (TFA) a 0,05%. As análises foram feitas em sistema isocrático com 1 mL min⁻¹ de fluxo. O comprimento de onda do detector foi ajustado em 256 nm.

As análises de diclorvós e paration metílico foram feitas em cromatógrafo a gás da marca Hewlett-Packard 5890 Série II, com um detector

de nitrogênio e fósforo (NPD). Foi utilizada uma coluna HP35, 25 m de comprimento, diâmetro interno de 0,22 mm, revestida por um filme de 0,32 µm de metil silicone. Foi injetado 1 µL de amostra, sendo que o gás de arraste foi o nitrogênio, a uma vazão de 0,8 mL min⁻¹. A temperatura do injetor e do detector foi de 250°C. A rampa de aquecimento da coluna iniciou a 150°C por 2 minutos, seguida de aquecimento de 10°C por minuto até 250°C, permanecendo nesta temperatura por mais 5 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao uso de substâncias químicas durante as práticas de manejo, constatou-se que 77,4 % das propriedades visitadas executam práticas de manejo que requerem o uso de substâncias químicas. As substâncias empregadas pelos produtores estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Produtos utilizados no tratamento dos tanques para profilaxia ou tratamento de parasitas/predadores (n = 84)

Produto utilizado	Empreendimentos	Finalidade do uso
Cal	44	Preparação dos tanques
Praguicidas	33	Controle de parasitas
Sal (NaCl)	26	Controle de parasitas
Verde Malaquita	13	Controle de parasitas
Formol	12	Controle de parasitas
Antibióticos	7	Controle de parasitas
Sulfato de cobre	7	Controle de algas e parasitas
Azul e metileno	3	Controle de parasitas
Pó de alho	2	Controle de parasitas
Permanganato de potássio	2	Controle de parasitas
Substância desconhecida*	1	Controle de parasitas

*O proprietário não soube precisar o nome do praguicida que foi utilizado para combater uma infestação por *Lernaea* sp.

Foi observado que um número expressivo de empreendimentos (39,3%) já utilizou praguicidas, sendo que do total de formulações empregadas, 94,12% foram inseticidas e o restante herbicidas (Tabela 2). A mesma constatação foi verificada nos pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo por ESTEVES e ISHIKAWA (2006). Também neste caso, um inseticida foi o segundo produto mais utilizado, ficando atrás apenas do sal comum (NaCl).

Apesar de certas ações serem efetivas no controle de parasitas, sobretudo na prevenção da contaminação dos estoques de peixes, atualmente,

a principal forma de combater crustáceos parasitas é através do uso de praguicidas, em especial os organofosforados, benzoilfeniluréias, carbamatos e piretróides (HORSBERG *et al.*, 1989; LESTER e ROUBAL, 1995; SHEPHERD, 1995). Um exemplo claro da necessidade da utilização de praguicidas na aquicultura pode ser verificado numa das principais commodities de alimento do mundo, o salmão, freqüentemente ameaçada pelo piolho do mar *Lepeoptheirus salmonis*, considerado o maior problema na indústria do cultivo de salmonídeos por causar danos significativos nos

peixes. Apesar da busca por métodos alternativos, o tratamento é baseado na utilização de produtos químicos, sobretudo os praguicidas azametifos, cipermetrina, deltametrina, diflubenzuron e teflubenzuron (SELVIK *et al.* 2002). Na carcinocultura também se observa um uso intenso de praguicidas, conforme levantamento realizado por

GRÄSLUND *et al.* (2003). Das mais de 70 substâncias utilizadas nas fazendas de cultivo de camarão, os praguicidas e desinfetantes foram os mais freqüentes.

Com relação aos praguicidas, procurou-se identificar quais as formulações e as dosagens utilizadas. Os resultados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Praguicidas (nome comercial e princípio ativo) utilizados no tratamento dos tanques das pisciculturas e pesqueiros da Bacia do Rio Mogi-Guaçu

Nome comercial	Princípio ativo	Concentração utilizada	Empreendimentos	Finalidade do uso
Dimilin	Diflubenzuron	0,05 - 80 g m ⁻³	23	Lerneose
Folidol	Paration Metílico	0,4 g m ⁻³	3	Argulose
Alsystin	Triflumuron	***	2	Lerneose
Dipterex	Triclorfon	***	2	Lerneose e insetos piscívoros
Folissuper	Paration Metílico	0,6 g m ⁻³	1	Argulose
Nitrosil	Paration Metílico	0,4 g m ⁻³	1	Argulose
Roundup*	Glifosato	***	1	Controlar o capim das margens
Herbicida**	-	***	1	Lerneose

* Não foi aplicado diretamente no tanque e sim nas margens (talude)

** O proprietário não soube precisar o nome do herbicida que foi utilizado

*** Valores de concentração não informados

O diflubenzuron (Dimilin) foi o ingrediente ativo mais utilizado na bacia do Rio Mogi-Guaçu (23 empreendimentos), seguido pelo paration metílico (5) e pelo triclorfon (2). Na região metropolitana de São Paulo, o diflubenzuron também é o praguicida mais utilizado no combate aos ectoparasitas de peixes (ESTEVES e ISHIKAWA, 2006). Da mesma forma, MABILIA e SOUZA (2006) revelam que, nas pisciculturas do Estado do Rio Grande do Sul, o diflubenzuron é o ingrediente ativo mais empregado (33,33%), a frente das avermectinas (19,04%) e dos organofosforados (9,52%).

Cabe ressaltar que, em alguns casos, mais de uma formulação de praguicida foi utilizada na mesma propriedade. Foi relatado um caso em que, no mesmo empreendimento foram utilizadas três formulações diferentes para tratar os tanques (Dimilin, Folidol e Nitrosol) e, em outros quatro empreendimentos, duas formulações diferentes de praguicidas já foram utilizadas: Dimilin e Folidol em dois casos, Dimilin e Alsystin, e Dimilin e Dipterex.

De maneira geral, os mesmos ingredientes utilizados pelos produtores da bacia do Mogi-Guaçu são empregados no Brasil e em outras partes do mundo. Entretanto, com relação ao Alsystin (ingrediente ativo: triflumuron), até onde se sabe, foi o primeiro relato da utilização desse praguicida para combater ectoparasitas de peixes. Deve ser ressaltado que, o fato de não haver estudos comprovando a eficácia do triflumuron no combate aos ectoparasitos de peixes pode ser um indicativo da falta de critérios na escolha da formulação a ser utilizada para o tratamento dos peixes, ficando evidente a inexistência de orientação técnica capacitada no momento de se escolher a melhor forma de tratamento.

Apesar da maioria dos entrevistados informarem qual o nome do produto que foi aplicado nos tanques, a quantidade administrada, em muitos casos, não pôde ser obtida, fato que ocorreu em 80% das propriedades nas quais os praguicidas foram utilizados. Apesar disso, foi possível verificar que, com relação ao uso do Dimilin, houve uma grande diferença nas

dosagens empregadas pelos produtores da bacia do Rio Mogi-Guaçu (Tabela 2).

Apesar de ter sido identificado o uso do Dimilin em 23 empreendimentos, em apenas nove deles foi possível precisar as concentrações que foram empregadas. Cabe destacar o caso do proprietário do empreendimento que admitiu ter utilizado uma concentração em torno de 70 a 80 g m⁻³. Neste caso, deve-se considerar a possibilidade do produtor estar equivocado com relação à concentração que utilizou para combater ectoparasitas, pois este valor está muito próximo às concentrações letais para diversas espécies de peixes (PAN, 2007). Mesmo assim, a hipótese de uso desta substância nesta concentração extremamente elevada não deve ser totalmente desconsiderada.

As questões que envolvem os praguicidas têm sido amplamente debatidas por vários setores da sociedade, e um consenso quanto ao uso destas substâncias parece estar longe de ser estabelecido. Durante décadas, a sociedade vem se deparando com a contaminação dos recursos hídricos que aparecem como destino final principal dos praguicidas em decorrência de certos fenômenos de transporte aos quais são submetidos, tais como escoamento superficial, fluxo por capilaridade ou lixiviação. Além disso, há casos em que a aplicação de praguicidas se dá diretamente nos corpos de água, como ocorre nos controles de vetores em campanhas de saúde pública, controle de plantas aquáticas e algas, e em certas práticas de manejo na aquicultura (MAXIMINANO *et al.*, 2005), como foi constatado neste estudo.

A avaliação da consequência do uso dos praguicidas se faz em função da natureza das substâncias (toxicidade e características), da exposição (quantidade, frequência e duração) e do organismo (MADHUN e FREED, 1990). Com relação aos organismos expostos, deve-se considerar a existência de muitas semelhanças entre o funcionamento fisiológico de vertebrados e invertebrados, de tal modo que não é surpreendente que alguns inseticidas exibam certo grau de toxicidade com relação a organismos não-alvo (KHAMBAY e BROMILOW, 2004). De fato, uma vez na água, os praguicidas podem promover impactos ecotoxicológicos relacionados a efeitos subletais, ou mesmo, causar mortalidade

de espécies que não eram alvo do tratamento (PILLAY, 1992). Dessa forma, o uso dos praguicidas pelos produtores brasileiros deve ser considerado pelos responsáveis no momento da formulação das políticas do setor. Conforme revelam BOYD e MASSAUT (1999), em várias nações, a aquicultura é considerada como uma atividade nova, e regulamentações e normas relacionadas ao uso de substâncias químicas ainda não foram formuladas; o Brasil parece se enquadrar nesta situação.

As principais vias de exposição dos peixes aos praguicidas no ambiente são a ingestão de alimentos ou água, a respiração e o contato superficial. A molécula que passar pelas várias barreiras do organismo pode ser metabolizada ou armazenada. Se a velocidade de eliminação do xenobiótico for baixa ou, se a molécula não for metabolizada, haverá acúmulo no organismo, e a concentração poderá chegar a um nível de equilíbrio, dependendo da concentração externa à qual o organismo está exposto. Dependendo da dinâmica de eliminação e acúmulo da substância química, sua concentração final no organismo poderá ser maior do que sua concentração no meio; isso é chamado de bioacumulação.

Depois da absorção, a substância tóxica se desloca entre a fração aquosa e a lipídica, conforme suas características físicas e químicas. Alguns fatores influenciam a distribuição e o armazenamento, sendo que os ligados ao agente tóxico são a lipossolubilidade, grau de ionização, afinidade química e grau de oxidação, enquanto que os ligados ao organismo são a irrigação do órgão, conteúdo de água e lipídios, biotransformação e integridade do órgão (AZEVEDO e LIMA, 2004). Diferentes velocidades de bioacumulação podem ocorrer nos diferentes grupos de organismos ou espécies e, desta forma, grupos biologicamente distintos podem exibir diferentes fatores de bioacumulação para um mesmo composto (LECH e BOND, 1980).

O fato de que a lesão de um órgão ou tecido pode favorecer o acúmulo de um xenobiótico é de suma importância no entendimento do potencial de acúmulo dos praguicidas empregados no combate aos ectoparasitas de peixes. Além da eminente alteração no balanço energético do animal parasitado, que por si só já poderia

representar um obstáculo fisiológico importante a ser superado, os danos causados pelos parasitos podem provocar alterações no balanço hidromineral dos peixes, sobrecarregando o sistema osmorregulatório (WENDELAAR BONGA, 1997), o que poderia comprometer as rotas de detoxificação dos praguicidas.

Um exemplo clássico deste fato é o acúmulo de mercúrio nos rins. O mercúrio inorgânico tem afinidade pelo tecido renal, mas danifica o néfron, o que dificulta sua eliminação e conseqüentemente, aumenta sua deposição renal (AZEVEDO e LIMA, 2004).

A capacidade dos organofosforados bioacumularem-se em tecidos de animais aquáticos tem sido reportada (SERRANO *et al.*, 1995; TSUDA *et al.*, 1996; KITAMURA *et al.*, 2000; AMARANENI e PILLALA, 2001; LOPES *et al.*, 2006). Entretanto, há certa controvérsia com relação à capacidade do paration metílico (PM) acumular-se em tecidos animais.

KIDD *et al.* (1991) e GALLO e LAWRYK (1991) indicaram que este composto não acumula em animais aquáticos. Por outro lado, SABHARWAL e BELSARE (1986) verificaram o acúmulo em carpas após sua aplicação em tanques de cultivo. SALAZAR *et al.* (1997) verificaram o acúmulo de PM em peixes de reservatório contaminado (Ignácio Ramirez, México). Mais tarde, no mesmo reservatório, FAVARI *et al.* (2002) verificaram o acúmulo de PM e malation em fitoplâncton, zooplâncton e peixes. Além disso, o acúmulo de paration em trutas foi demonstrado por ABBAS *et al.* (1996), os quais concluíram que a meia vida relativamente prolongada desta substância nos peixes (aproximadamente cinco vezes maior que a meia vida em ratos) traz preocupação quanto à possibilidade de risco à saúde de consumidores. SOUMIS *et al.* (2003) encontraram acúmulo de PM em peixes amazônicos, provavelmente devido ao intenso uso desta substância na região.

Ainda com relação à bioacumulação do paration metílico, SABHARWAL e BELSARE (1986), analisando carpas, encontraram bioacumulação máxima na ordem de 12 vezes, enquanto que FAVARI *et al.* (2002) encontraram valores variando de oito a 19 vezes em peixes coletados no ambiente. Da mesma forma,

LUVIZOTTO-SANTOS (2007) verificou uma bioacumulação média do paration metílico nos filés de tilápia em torno de 20 vezes.

Além do acúmulo de paration metílico em tecidos de peixes, deve-se considerar ainda a possibilidade de acúmulo dos produtos de degradação. De fato, TENBROOK *et al.* (2006) verificaram a capacidade do esturjão branco (*Acipenser transmontanus*) absorver p-nitrofenol (produto de degradação do paration etílico e metílico) a partir da água.

Segundo ELLIS (1991), HOWARD (1991) e ROTH *et al.* (1993), o DDVP possui baixa persistência em tecidos de peixes. De fato, apesar de CAPOBIANGO e CARDEAL (2005) terem encontrado resíduos de DDVP em *Pimelodus maculatus* coletados no rio Paranaíba (MG), dos vários tecidos analisados, apenas as brânquias apresentaram valores quantificáveis. Por outro lado, HØY e HOSBERG (1990) encontraram resíduos de DDVP acima de 0,017 µg g⁻¹ em músculo de salmão 3 dias após exposição dos animais, durante uma hora, a 1,0 mg L⁻¹ (4°C). Entretanto, a 12°C, resíduos só puderam ser detectados logo após o tratamento.

Por outro lado, LOPES *et al.* (2006) encontraram bioacumulação de triclorfon (o precursor do diclorvós) em pacu e, apesar de terem concluído que a meia vida deste praguicida nos tecidos dos peixes seja relativamente curta, estimaram que o período de carência para sua eliminação (95 %) deva ser de 50 dias.

Com relação ao diflubenzuron, diversos estudos têm demonstrado sua capacidade de bioacumular-se em tecidos de peixes. METCALF *et al.* (1975) verificaram um acúmulo médio de DFB em *Gambusia affinis* na ordem de 16,5 vezes ao final de 33 dias de um experimento de simulação de ecossistema.

APPERSON *et al.* (1978) verificaram o acúmulo de DFB em *Promoxis annularis* variando de 49 a 123 vezes em relação à quantidade na água. Mais tarde, SHAEFER *et al.* (1980), ao estudarem a dinâmica e o destino do DFB após aplicações em ambientes natural e experimental, verificaram acúmulo de DFB variando entre 52 e 113 vezes, cinco dias após a aplicação, sendo que o valor máximo encontrado foi no início do experimento, na ordem de 160 vezes.

HAAS-JOBULIUS (1991) determinou a bioacumulação de DFB na ordem de 95,9 e 119,4 vezes em carpas expostas por cinco dias a 5 e 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente, concluindo que o processo de bioacumulação do DFB em peixes é dependente da sua concentração na água. LOPES (2005) verificou o acúmulo de DFB em músculo de pacu cinco horas após a aplicação de Dimilin, com valores de bioacumulação entre 17 e 23 vezes. LUVIZOTTO-SANTOS *et al.* (2009a) verificaram acúmulo de DFB em filés de tilápia após uma simulação de tratamento contra ectoparasitas utilizando Dimilin, cujos valores variaram entre 8,8 vezes (dez dias após a aplicação) e 29,8 vezes (dois dias após a aplicação).

Com relação à finalidade do uso dos praguicidas, foi identificado que o Dimilin é o composto mais utilizado para o combate à lerneose, enquanto que o Folidol e o Nitrosol foram mais utilizados no combate ao branquiúro da espécie *Argulus sp.*

Os parasitas são os agentes patogênicos mais estudados na piscicultura brasileira (PAVANELLI *et al.*, 2000), sendo as brânquias, em geral, os principais órgãos alvo dos parasitos, os quais provocam hemorragias e necroses com conseqüente diminuição da capacidade respiratória e osmo/ionorregulatória dos peixes.

Infestações por ectoparasitos metazoários podem representar grandes perdas aos produtores, por reduzirem a taxa de crescimento dos peixes, além de promover alterações hematológicas, mudanças comportamentais e mortalidade, principalmente de alevinos e juvenis. Além disso, no local onde o parasita penetra no corpo dos peixes hospedeiros, ocorre hemorragia e inflamação, com posterior necrose do tecido, facilitando o ataque por agentes infecciosos secundários como bactérias, fungos e vírus, aumentando, indiretamente, sua ação patogênica (OSTRENSKY e BOERGER, 1998; BOEGER, 1999; PAVANELLI *et al.*, 2000). Dentre os crustáceos parasitas que mais têm ameaçado os cultivos brasileiros, estão os copépodos *Lernaea sp.* e *Ergasilus sp.*, e os branquiúros *Dolops sp.* e *Argulus sp.*

Com relação à utilização dos praguicidas para combater os parasitas de peixes, PIASECKI *et al.* (2004) indicam a utilização de métodos de tratamento semelhantes aos observados nas entrevistas, ou seja, a utilização de DFB para o

combate à lerneose e utilização de organofosforados para o combate à argulose. Por outro lado, outros autores indicam que o DFB também é eficaz no controle de branquiúros parasitos (FUJIMOTO *et al.*, 1999; SCHALCH *et al.*, 2005). Além disso, VILLEM *et al.* (1998) verificaram que o paration metílico também é eficiente no combate à *Lernaea sp.*

Ainda com relação à finalidade do uso dos praguicidas, foi verificado que o Dipterex (triclorfon) foi utilizado principalmente no combate aos insetos predadores de peixes, tais como odonatas. Diversos organofosforados (OFs) têm sido utilizados para controlar insetos piscívoros (NOGA, 2000), sendo que no Brasil, a eficiência do Dipterex (triclorfon) e do Folidol (paration metílico) no combate à odonatas foi verificada por GARADI *et al.* (1988). Alguns autores acreditam que a utilização de OFs na preparação dos tanques que receberão larvas de peixes pode aumentar a produção. SENHORINI *et al.* (1991) consideraram que a maior produtividade de pacus, verificada nos tanques que receberam tratamento com Folidol, foi devida à eliminação dos insetos aquáticos piscívoros. Entretanto, há casos em que a preparação dos tanques com praguicidas diminui a produtividade dos peixes (LUDWIG, 1993).

Durante as coletas nas três propriedades localizadas no município de Socorro, SP, novas entrevistas foram feitas com os proprietários, questionando-se sobre o emprego de produtos químicos durante as práticas de manejo dos tanques de pesca e piscicultura (Tabela 3). Os dados obtidos nestas visitas assemelharam-se aos obtidos nas entrevistas anteriores, confirmando o emprego de praguicidas nos tanques, os quais, neste caso, foram utilizados exclusivamente no combate aos ectoparasitas.

Os três empreendimentos escolhidos para este estudo já haviam sido avaliados anteriormente e, dessa forma, foram realizadas as mesmas perguntas aos proprietários em duas ocasiões distintas, tendo sido notada divergência nos três depoimentos. Em dois casos (propriedades A e C), os proprietários admitiram ter utilizado, no passado, o Dimilin para combater ectoparasitas nos peixes. Entretanto, no questionário respondido anteriormente, foi negado o uso deste

praguicida. Neste caso, podemos considerar duas hipóteses. A primeira é de que tenha ocorrido o uso recente, provavelmente no intervalo de tempo entre as entrevistas. A segunda hipótese é de ter havido omissão destas informações na época em que estes proprietários responderam ao primeiro questionário. Esta última hipótese se aplicaria no caso do proprietário do empreendimento B, que afirmou ter utilizado apenas o praguicida Dipterex para combater uma infestação por *Lernaea sp.* há mais de 5 anos. Entretanto, na entrevista realizada anteriormente, ele afirmou que, além do Dipterex, também havia utilizado o inseticida Dimilin.

Tabela 3. Produtos utilizados durante as práticas de manejo nos tanques de pesca e piscicultura em três propriedades localizadas no município de Socorro, SP

Pesqueiro	Produtos Utilizados
A	Sal comum, cal e Dimilin (diflubenzuron)
B	Sal comum, cal, formalina, oxitetraciclina, Verde Malaquita, Dipterex (triclorfon)
C	Sal comum, cal e Dimilin (diflubenzuron)

Com base nestes dados conflitantes, deve-se ter cautela ao observar os resultados obtidos nas entrevistas, podendo-se ainda especular que diversas informações a respeito do uso destas substâncias podem ter sido omitidas pelos proprietários das pisciculturas e pesqueiros da bacia do Rio Mogi-Guaçu. Apesar disso, devemos destacar que os entrevistados foram unânimes ao afirmarem que não utilizam praguicidas atualmente, apesar de admitirem já os terem utilizado no passado.

As análises cromatográficas não detectaram resíduos dos praguicidas DFB, MP e DDVP em nenhuma das amostras coletadas nos três pesqueiros, tanto na baixa quanto na alta temporada. Deve-se considerar que o tempo de permanência destas substâncias, nos diferentes compartimentos avaliados, é resultado da combinação de uma série de fatores, sendo que os principais são as taxas de renovação dos tanques e a meia-vida das substâncias. Dessa forma, considerando-se a dinâmica dos tanques e a meia-

vida curta, característica destes praguicidas, apenas aplicações recentes poderiam ser detectadas.

Alguns trabalhos indicam a presença de praguicidas nos ambientes ligados à atividade aquícola (AMARANENI, 2002; SELVIK *et al.*, 2002; ELER *et al.*; 2006). Além disso, estudos anteriores desenvolvidos na bacia verificaram a presença de paration etílico e metílico nos sedimentos das nascentes do Rio Mogi-Guaçu, inclusive na vertente do Rio do Peixe. Os autores relacionaram a presença destas substâncias nas nascentes à topografia e ao intenso uso de praguicidas nas atividades agrícolas da região, principalmente nas culturas de batata, tomate e morangos (BRIGANTE *et al.*, 2003).

Com relação às amostras coletadas na baixa temporada, acreditou-se que as baixas temperaturas na bacia do Rio Mogi-Guaçu, freqüentemente encontradas durante os meses de inverno, representariam um dos maiores fatores estressantes para os peixes mantidos sob regime de confinamento. Portanto, seria de se esperar que as infestações parasitárias ocorressem neste período, em que a atividade imunológica dos peixes estivesse debilitada, culminando com a utilização dos praguicidas. Entretanto, isso não se confirmou. Os produtores afirmaram que este período é realmente crítico para os estoques de peixes, uma vez que a susceptibilidade às doenças é bem maior e, por este motivo, reduzem as atividades de manejo dos tanques no inverno (incluindo a adição de substâncias químicas).

Por outro lado, os meses de temperaturas mais elevadas também podem ser considerados propícios para o estabelecimento de infestações parasitárias devido ao fato do movimento nos pesqueiros ser bem maior, com intensa comercialização de peixes. Certas práticas de manejo mais intensas nestes períodos (transporte, manuseio, altas taxas de arraçamento e seva) podem induzir a utilização de praguicidas para evitar ou mesmo combater os parasitas que encontram, neste cenário, condições propícias para seu desenvolvimento.

De fato, GABRIELLI e ORSI (2000), após avaliarem 53 pisciculturas em 15 municípios da região Norte do Paraná, no período de 1995 a 1998, relataram que a maior incidência parasitária de

peixes ocorreu nos meses em que as temperaturas atingiram valores mais elevados (setembro a março). Entretanto, mesmo no período de verão, as amostras coletadas nos pesqueiros do município de Socorro, SP, não apresentaram resíduos detectáveis dos praguicidas analisados. Estes resultados corroboram com os relatos dos produtores que, apesar de terem admitido o uso de praguicidas nas práticas de manejo no passado (recente), afirmaram não ter usado nenhum deles no período em que foram realizadas as entrevistas e as coletas.

Apesar do uso de diversas formulações empregadas na atividade aquícola, como foi evidenciado nas entrevistas, no Brasil não há legislação específica e tampouco produtos com registro para este fim (LOPES, 2005; MAXIMINIANO *et al.*, 2005). Diferentemente do que ocorre em certos países, produtos utilizados como quimioterápicos na aquicultura brasileira não são desenvolvidos especificamente para combater pragas aquáticas. Apesar de alguns dos ingredientes ativos serem os mesmos daqueles contidos nas formulações próprias para a aquicultura, no Brasil a maioria dos produtos utilizados é de uso agrícola ou veterinário (pecuária e animais domésticos). Os veículos utilizados pelas formulações destinadas às aplicações na agricultura e pecuária conferem certas propriedades ao ingrediente ativo, de acordo com a finalidade do tratamento e com o alvo a ser combatido. Se considerarmos as características do meio aquático de um tanque de piscicultura, pode-se supor que estas práticas são bastante imprevisíveis do ponto de vista dos destinos e efeitos destes compostos.

BOYD e MASSAUT (1999) alertam para os riscos associados ao uso de produtos químicos nos tanques de cultivo, indicando que diversos compostos empregados, sobretudo os praguicidas e bactericidas, podem ter ação bioacumulativa e representar risco de segurança alimentar. Além disso, deve-se considerar a ação destes compostos a organismos não-alvos, que pode, além de interferir na comunidade biológica dos tanques, representar risco às comunidades selvagens estabelecidas nos ecossistemas que receberão estes efluentes.

SOUZA *et al.* (2006) consideram que, no Brasil, os diversos decretos, portarias, resoluções e

deliberações que dizem respeito à legislação aquícola são muitas vezes contraditórios e não garantem a sustentabilidade do setor. Neste sentido, alertam para o fato da legislação aquícola nacional estar em pleno desenvolvimento e tenta, a partir de seus instrumentos legais, integrar a política Nacional dos Recursos Hídricos e a Política Nacional do Meio Ambiente. Os autores acreditam que a integração entre elas é de suma importância para o desenvolvimento sustentável de políticas aquícolas nacionais. SCHALCH *et al.* (2005) alertam para a falta de legislação para uso de antiparasitários em peixes ou outros organismos aquáticos. De fato, MAXIMIANO *et al.* (2005), ao discutirem os aspectos legais da utilização de drogas veterinárias e praguicidas em ambientes hídricos no Brasil, concluem que há a necessidade premente do debate entre todos os órgãos envolvidos na liberação e no uso destas substâncias, visando à elaboração de uma legislação integrada e intersetorial. Ressaltam ainda, a necessidade de estudos sobre a presença de resíduos destas substâncias no ambiente e seus efeitos sobre a biota e a saúde pública, bem como a determinação de intervalos de segurança após aplicações, limites máximos de resíduos e configuração dos responsáveis pelo uso e pelas possíveis ocorrências de danos.

A implementação nas atividades aquícolas do Sistema de Análise de Risco e Controle de Pontos Críticos, do acrônimo em inglês Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP), vem sendo discutida, principalmente na União Européia e na América do Norte, como uma importante ferramenta de manejo para a garantia da segurança alimentar. Segundo REILLY e KÄFERSTEIN (1997), acredita-se que os países que declinarem da adoção e implementação de sistemas de garantia de segurança alimentar, baseadas nos conceitos da HACCP, irão, em última instância, comprometer suas exportações de pescados, com sérias conseqüências econômicas. Os mesmos autores ainda consideram que a implementação do sistema HACCP em qualquer sistema de cultivo deve ser realizada em concomitância com os princípios das Boas Práticas de Manejo (BPM) na aquicultura, as quais são definidas como aquelas práticas do setor que são necessárias à produção sustentável de

alimentos de qualidade em conformidade com as leis e regulamentações dos países.

Segundo BOYD e QUEIROZ (2001), estas BPMs têm o objetivo de minimizar, prevenir ou mesmo mitigar os efeitos adversos das atividades humanas aplicadas na aquicultura. A adoção destes princípios deve constituir-se de forma integral no *continuum* da segurança alimentar, desde a produção até a mesa do consumidor, aumentando, dessa forma, a confiabilidade/aceitação dos produtos aquaculturais, expandindo as oportunidades do setor. SIPAÚBA-TAVARES (2006), ao discutir a adoção das BPMs para a manutenção da qualidade ambiental, comenta sobre a necessidade de se admitir que a qualidade da água é ponto crítico na aquicultura, e que se não houver compreensão de que os fatores ecológicos são a chave do entendimento da dinâmica dos viveiros, continuar-se-á utilizando técnicas ultrapassadas e, apesar do crescimento da indústria da aquicultura, continuará havendo problemas na qualidade dos produtos gerados. A falta de uma legislação brasileira voltada especificamente para o setor, ou mesmo a não integração entre os diversos instrumentos legais existentes, dificulta o estabelecimento de ações efetivas e promotoras de qualidade, tanto ambiental, quanto dos alimentos. De fato, um dos pontos críticos a serem considerados no controle dos riscos de segurança alimentar é o uso de produtos químicos. É de fundamental importância que a utilização de praguicidas e medicamentos veterinários aprovados pelo órgão competente, seja feita nas dosagens estabelecidas pelos fabricantes e que os respectivos períodos de carência sejam respeitados antes da comercialização (REILLY e KÄFERSTEIN, 1997; BOYD e MASSAUT, 1999).

Entretanto, MAXIMIANO *et al.* (2005) ressaltam que, além do fato de no Brasil não haver legislação específica, tampouco produtos registrados para esta finalidade, os diferentes praguicidas e afins são avaliados apenas pelo órgão registrante (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), sem nenhum envolvimento dos setores de saúde e meio ambiente. Nesse caso, os autores revelam sua preocupação com a falta de avaliação do perigo que estas substâncias representam para as comunidades aquáticas e para o consumidor da

água e dos produtos nela cultivados, sendo que a extensão dos riscos desse tipo de uso à saúde humana e ao meio ambiente ainda não foi totalmente avaliada.

Com relação aos pescadores do Estado de São Paulo, TIAGO (2006) revela a dissociação existente entre os vários órgãos e ações públicas voltados para a regulação, o licenciamento ambiental, a vigilância sanitária, os serviços de saúde, a defesa animal, a fiscalização e a orientação técnica da atividade direcionada aos mesmos, acreditando que é necessária uma forte atuação das unidades de produção e dos demais setores envolvidos com os órgãos de representação para que possa haver melhoria nas ações de gestão da atividade.

Há, ainda, a falta de laboratórios equipados e de pessoal qualificado que possam acompanhar a demanda da grande quantidade de produtos e diferentes padrões de uso (ZITKO, 2001). Além disso, MIDLEN e REDDING (2000) discutem a dificuldade de estabelecer o grau de interferência desses xenobióticos sobre o ambiente aquático devido à complexidade, tanto dos compostos químicos quanto dos multifatores ambientais. Além disso, ZITKO (2001) alerta para o fato de que muito permanece a ser feito, desde que exista suporte técnico e analítico destinado à análise das diversas substâncias de interesse à aquicultura nas diferentes matrizes, a fim de se obterem dados que permitam identificar os riscos de contaminação ambiental e à segurança alimentar. Materiais de referência padronizados para a validação de métodos analíticos para qualquer praguicida de interesse à aquicultura (sedimentos ou matrizes biológicas) atualmente não são disponíveis.

O complexo quadro atual das atividades aquícolas da bacia do Mogi-Guaçu é o de uma atividade geradora de alimento, renda e lazer, com promessa de expansão em curto prazo. Entretanto, é geradora de poluição com potencial risco à saúde de consumidores e dos ecossistemas aquáticos, carente de pesquisa e de legislação específica, principalmente no que se refere ao uso de praguicidas durante as práticas de manejo.

CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa indicaram que o uso de praguicidas nas atividades aquícolas da bacia do Rio Mogi-Guaçu tem sido uma prática

comum nos últimos anos, e que os principais ingredientes e concentrações empregadas podem trazer graves conseqüências para o meio ambiente e para os consumidores. De maneira geral, as substâncias utilizadas são as mesmas comumente empregadas na atividade aquícola, com exceção do Alsyntin, que até onde se sabe, é o primeiro relato da utilização deste produto no combate aos parasitas de peixes.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, R.; SCHULTZ, I.R.; DODDAPANENI, S.; HAYTON, W.L. 1996 Toxicokinetics of parathion and paraoxon in rainbow trout after intravascular administration and water exposure. *Toxicology and Applied Pharmacology*, New York, 136: 194-199.
- AMARANENI, S.R.; PILLALA, R.R. 2001 Concentration of pesticide residues in tissue of fish from Kolleru Lake in India. *Environmental Toxicology*, New York, 16: 550-556.
- AMARANENI, S.R. 2002 Persistence of pesticides in water, sediment and fish from fish farms in Kolleru Lake, India. *Journal of the Science of Food Agriculture*, New York, 82: 918- 923.
- APPERSON, C.S.; SCHAEFER, C.H.; COLWELL, A.E.; WERNER, G.H.; ANDERSON, N.L.; DUPRAS, E.F.Jr.; LONGANECKER, D.R. 1978 Effects of diflubenzuron on *Chaoborus astictopus* and non target organisms and persistence of diflubenzuron in lentic habitats. *Entomological Society of America*, Washington D.C., 71(3): 521-527.
- AZEVEDO, F.A.; LIMA, I.V. 2004 Toxicocinética. In: AZEVEDO, F.A.; CHANSIN, A.A.M (eds.). *As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia*. São Carlos: RiMa. 340 p.
- BABIĆ, S.; PETROVI, M.; MACAN-KAŠTELAN, M. 1998 Ultrasonic solvent extraction of pesticides from soil. *Journal of Chromatography*, Amsterdam, 823: 3-9.
- BEVERIDGE, M.C.M.; PHILLIPS, M.J.; CLARKE, R.M. 1991 A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: BRUNE D.E.; TOMASSO J.R. (eds.) *Aquaculture and water quality, advances in world aquaculture*. The World Aquaculture Society, v.3. Louisiana: Baton Rouge. p.506-533.
- BOEGER, W.A. 1999 Lernea: biologia e prevenção. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 9(57): 32-36.
- BOYD, C.E.; MASSAUT, L. 1999 Risk associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquacultural Engineering*, London, 20: 113-132.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J. 2001 Feasibility of retention structure, settling basins and best management practices in effluent regulation for Alabama channel catfish farming. *Reviews in Fisheries Science*, Boca Raton, 2: 43-67.
- BRIGANTE, J.; MERENGO, M.C.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; Vieira, E.M. 2003 Praguicidas nos sedimentos do Rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J. e ESPÍNDOLA, E.L.G. (eds.) *Limnologia Fluvial. Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: RiMa. 278 p.
- CAPOBIANGO, H.L.V.; CARDEAL, Z.L.A 2005 Solid-phase microextraction method for the chromatographic determination of organophosphorus pesticides in fish, water, potatoes, guava and coffee. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, 16(5): 907-914.
- COBEA 2008 Colégio Brasileiro de Experimentação Animal. Princípios Éticos para o Uso de Animais de Laboratório. Disponível em: <<http://www.cobea.org.br/index.php?pg=Principios%20eticos>> Acesso em: 31 mar. 2008.
- CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. 2004 *Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva*. Prefácio. São Paulo: TecArt. 533 p.
- ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L.G. 2006 *Avaliação dos Impactos de Pesque-Pague: Uma Análise da Atividade na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: RiMa. 312 p.
- ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ESPÍNDOLA, E.A.; BRIGANTE, J.; NOGUEIRA, M.M.; NOGUEIRA, A.M.; MILANI, T.J. 2006 Avaliação da qualidade da água e sedimento dos pesque-pague: Análises físicas, químicas, biológicas e bioensaios de toxicidade. In:

- ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (orgs.), *Avaliação dos Impactos de Pesque-Pague: Uma Análise da Atividade na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: RiMa. 312 p.
- ELLIS, A.E. 1991 Tissue residues of chemotherapeutants in fish. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, Parma, 11: 22-25.
- ESTEVES, K.E.; ISHIKAWA, C.M. 2006 Características gerais e práticas de manejo em pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: ESTEVES, K.E.; SANT'ANNA, C.L. (orgs.) *Pesqueiros sob uma Visão Integrada de Meio Ambiente, Saúde Pública e Manejo. Um Estudo da Região Metropolitana de São Paulo*. São Carlos: RiMa. 240 p.
- FAVARI, L.; LÓPEZ, E.; MARTÍNEZ-TABEHE, L.; DÍAZ-PARDO, E. 2002 Effect of insecticides on plankton and fish of Ignacio Ramirez Reservoir (México): A biochemical and biomagnification study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 51: 177-186.
- FUJIMOTO, R.Y.; MARTINS, L.S.; MORAES, F.R.; ONAKA, E.M. 1999 Utilização do diflubenzuron no controle de crustáceos parasitos de piauçu, *Leporinus macrocephalus*. Efeitos parasiticida e nos parâmetros hematológicos. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PARASITOLOGIA VETERINÁRIA, 11., Salvador, 24-28/out./1999. *Anais...* v.1, p.133.
- GALLO, M.; LAWRYK, N. J. 1991 Organic phosphorous pesticides. In: HAYES, W.J.Jr.; LAWS, E.R.Jr., (eds.). *Handbook of Pesticide Toxicology*. New York: Academic Press. 1576p.
- GANDOLFI, N. 1971 *Investigações sedimentológicas, morfológicas e físicoquímicas nas bacias do Mogi-Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe*. São Carlos. 108p (Livre Docência Escola de Engenharia de São Carlos, USP).
- GARADI, P.; DOMARCO, R.C.; ARAÚJO, O.J.; PINHEIRO, C.W.L. 1988 Avaliação do uso de inseticidas (orgânicos fosforados) no combate às odonatas e na seleção zooplânctônica em piscicultura de alevinagem. In: CODEVASF – *Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Estudos de piscicultura*. 2ª ed., Brasília: 71p.
- GRÄSLUND, S.; HOLMSTRÖM, K.; WAHLSTRÖM, A. 2003 A field survey of chemical and biological products used in shrimp farming. *Marine Pollution Bulletin*, London, 46: 81-90.
- HAAS-JOBULIUS, M. 1991 Comparative study on the fate of diflubenzuron and 1-(4-chlorophenyl)-3-(2-chlorobenoyl) urea in laboratory water and fish. *Acta Hydrobiologica Sinica*, Beijing, 15(3): 207-211.
- HORSBERG, T.E.; HY, T.; NAFSTAD, Y. 1989 Organophosphate poisoning of Atlantic salmon in connection with treatment against salmon lice. *Acta Veterinaria Scandinavica*, København, 30: 385-390.
- HOWARD P.H. 1991 *Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals*. Vol.3, Pesticides. Chelsea: Lewis Publishers 716 p.
- HØY, T.; HOSBERG, T.E. 1990 Residues of dichlorvos in Atlantic salmon (*Salmo salar*) after delousing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, 38: 1403-1406.
- IBAMA 2007 Estatística da pesca 2005 Brasil. Grandes regiões e unidades da federação. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasil. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/recursos-pesqueiros/wp-content/files/estati2005.pdf>> Acesso em: 31 mar. 2008.
- KIDD, H.; JAMES, D.R. 1991. *The Agrochemicals Handbook*, 3rd ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry Information Services. 1500 p.
- KITAMURA, S.; KODATA, T.; YOSHIDA, M.; JINNO, N.; OHTA, S. 2000 Whole-body metabolism of the organophosphorus pesticide, fention, in goldfish, *Carassius auratus*. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, Oxford, 126: 259-266
- LECH, J.J; BOND, J.R. 1980 Relationship between biotransformation and the toxicity and fate xenobiotic chemicals in fish. *Environmental Health Perspectives*, Research Triangle Park, 34: 115-118.
- LESTER, R.J.G.; ROUBAL F.R. 1995 Phylum Arthropoda. In: WOO, P.T.K. (ed.) *Fish*

- Diseases and Disorders. Vol. 1 Protozoan and Metazoan Infections.* Cambridge: CAB International, University Press. 808p.
- LOPES, R.B. 2005 *Análise Ecotoxicológica dos Xenobióticos Triclorfon e Diflubenzuron Empregados na Aquicultura Continental.* Piracicaba. 104p. (Tese de Doutorado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP).
- LOPES, R.B.; PARAIBA, L.C., TORNISIELO, V.L. 2006 Bioconcentration of trichlorfon insecticide in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Chemosphere*, Oxford, 64: 56-62.
- LUDWIG, G.M. 1993 Effects of trichlorfon, fenthion, and diflubenzuron on the zooplankton community and on production of reciprocal-cross hybrid striped bass fry in culture ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, 110: 301-319.
- LUVIZOTTO-SANTOS, R. 2007 *O Uso de Praguicidas nas Atividades Aqüícolas: Destino e Efeitos após Aplicações em Tanques Experimentais e Avaliação nas Pisciculturas e Pesqueiros da Bacia do Rio Mogi-Guaçu.* São Carlos. 142 pp. (Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP).
- LUVIZOTTO-SANTOS, R.; CORDEIRO, P.J.M.; VIEIRA, E.M. 2009a Analysis of diflubenzuron in tilapia filet by HPLC-DAD. *Journal of Chromatographic Science*, Evanston, 47(9): 785-788.
- LUVIZOTTO-SANTOS, R.; CORDEIRO, P.J.M.; VIEIRA, E.M. 2009b Analysis of methyl parathion in tilapia filets using a simple solid phase extraction clean-up and GC-NPD. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, (Especial Issue 2009 - VII BMCFB): 158-161.
- MABILIA, R.G.; SOUZA, S.M.G. 2006 Efeito do tratamento com diflubenzuron na hematologia de jundiás, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae) infestados por *Lernaea cyprinacea* (Copepoda) em banhos de imersão de 24 horas. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, 28(2): 159-163.
- MADHUN, Y.A.; FREED, V.H. 1990 Impact of pesticide on the environment. In: CHENG, H. H. (ed.) *Pesticides in the soil environment: Processes, impacts, and modeling.* Madson: Soil Science Society of América. 530p.
- MAXIMIANO, A.A.; FERNANDES, R.O.; NUNES, F.P.; ASSIS, M.P.; MATOS, R.V.; BARBOSA, C.G.S.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. 2005 Utilização de drogas veterinárias, agrotóxicos e afins em ambientes hídricos: demandas, regulamentação e considerações sobre riscos à saúde humana e ambiental. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 10(2): 483-491.
- METCALF, R.L.; LU, P.; BOWLUS, S. 1975 Degradation and environmental fate of 1-(2,6-difluorobenzoyl)-3-(4chlorophenyl)-urea. *Food Chemistry*. Barking, 24: 359-364.
- MIDLEN, A.; REDDING, T.A. 2000 *Environmental Management for Aquaculture.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 223p.
- MUNDAY, B.; ELEFThERIOU, A.; KENTOURI, M.; DIVANACH, P. 1992 *The interactions of aquaculture and the environment. A bibliographical review.* Greece: The Commission of European Communities Directory General for Fisheries. 183p.
- NOGA, E.J. 2000 *Fish Disease: Diagnosis and treatment.* St. Louis, Mosby: North Carolina State University, College of Veterinary Medicine. 367p.
- OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. 1998 *Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo.* Porto Alegre: Guaíba Agropecuária. 211p.
- PAN - PESTICIDE DATABASE 2007 Chemical Toxicity Studies on Aquatic Organisms. Disponível em: <http://www.pesticideinfo.org/List_EcoChemSpecies.jsp> Acesso em: 31 jul. 2007.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M.; RANZINI-PAIVA, M.J.T.; MAGALHÕES, A.R.M. 2000 Sanidade de peixes, rãs, crustáceos e moluscos. In: VALENTI, W.C; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (eds.) *Aquicultura no Brasil. Bases para um desenvolvimento sustentável.* Brasília: CNPq/MCT. 399p.
- PIASECKI, W.; GOODWIN, A.E.; EIRAS, J.C.; Nowak, B. F. 2004 Importance of Copepoda in

- freshwater aquaculture. *Zoological Studies*, Taipei, 43(2): 193-205.
- PILLAY, T.V.R. 1992 *Aquaculture and the environment*. Oxford: Fishing News Books/Blakwell Scientific Publications Ltd. 189p.
- QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C.A. 2002 EMBRAPA e a aquicultura: Demandas e prioridades de pesquisa. Embrapa Informação Tecnológica (Texto para discussão; 11), Brasília. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/unidades/uc/sge/texto11.pdf>> Acesso em: 17 mai. 2007.
- REDONDO, M. J.; RUIZ M. J.; BOLUDA, R.; FONT, G. 1996 Optimization of solid-phase extraction technique for the extraction of pesticides from soil samples. *Journal of Chromatography A*, Amsterdam, 719: 69-76.
- REILLY, A.; KÄFERSTEIN, F. 1997 Food safety hazards and the application of the principles of the hazard analysis and critical control point (HACCP) system for their control in aquaculture production. *Aquaculture Research*, Oxford, 28: 735-752.
- ROTH, M.; RICHARDS, R.H.; SOMMERVILLE, C. 1993 Current practices in the chemotherapeutic control of sea lice infestations in aquaculture: a review. *Journal of Fish Diseases*, Oxford, 16: 1-26.
- SABHARWAL, A.K.; BELSARE, D.K. 1986 Persistence of methyl parathion in a carp rearing pond. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, 37: 705-709.
- SALAZAR, M.Y.V.; TABACHE, L.M.; GRACÍA, C.M. 1997 Bioaccumulation of methyl parathion and its toxicology in several species of the freshwater community in Ignacio Ramirez dam in Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 38: 53-62.
- SCHALCH, S.H.C.; BELO, M.A.A.; SOARES, V.E.; MORAES, J.R.E.; MORAES, F.R. 2005 Eficácia do diflubenzuron no controle de *Dolops carvalhoi* (Crustácea: Branchiura) em jovens pacus *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes: Characidae) naturalmente infectados. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, 27(2): 297-302.
- SELVIK, A.; HANSEN, P.K.; ERVIK, A.; SAMUELSEN, O.B. 2002 The stability and persistence of diflubenzuron in marine sediments studied under laboratory conditions and the dispersion to the sediment under a fish farm following medication. *The Science of the Total Environment*, Amsterdam, 285: 237-245.
- SENHORINI, J.A.; FONTES, N.A.; LUCAS, A.F.B.; SANTOS Jr., S. 1991 Larvicultura do pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, (Pisces, Characidae) em viveiros com e sem organofosforado (Folidol 60 %). *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, 4(2): 11-22.
- SERRANO, R.; HERNÁNDEZ, J.B.; DOSDA, V.; CANALES, J. 1995 Toxicity and bioconcentration of selected organophosphorus pesticides in *Mytilus galloprovincialis* and *Venus gallina*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. New York, 29: 284-290.
- SHEPHERD, J. 1995 Fish health and disease. In: SHEPHERD, J.; BROMAGE, N.R. (eds.) *Intensive Fish Farming*. Oxford: Blackwell Science. 404p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2006 Adoção de boas práticas de manejo (BPM) em piscicultura para manutenção da saúde ambiental. Em: ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (orgs.) *Avaliação dos Impactos de Pesque-Pague: Uma Análise da Atividade na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: RiMa. 312p.
- SOUMIS, N.; LUCOTTE, M.; SAMPAIO, D.; ALMEIDA, D.C.; GIROUX, D.; MORAIS, S.; PICHET, P. 2003. Presence of organophosphate insecticides in fish of the Amazon river. *Acta Amazônica*, Manaus, 33: 325-338.
- SOUZA, M.A.; VIDOTTI, R.M.; OLIVEIRA NETO, A.L.; COLOMBANO, N. C. 2006 Licenciamento ambiental e outorga do direito de uso da água para a atividade aquícola: Há integração entre os instrumentos? *Boletim do Instituto de Pesca*. São Paulo, 32(2): 213-219.
- TENBROOK, P.L.; KENDALL, S.M.; TJEERDEMA, R.S. 2006 Toxicokinetics and biotransformation of p-nitrophenol in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*).

Ecotoxicology and Environmental Safety, New York, 64: 362-368.

TIAGO, G.G. 2006 Aspectos da legislação relativa a pesqueiros. In: ESTEVES, K.E.; SANT'ANA, C.L. (orgs.) *Pesqueiros sob uma Visão Integrada de Meio Ambiente, Saúde Pública e Manejo. Um Estudo da Região Metropolitana de São Paulo*. São Carlos: RiMa. 240p.

TSUDA, T.; AOKI, S.; KOJIMA, M.; FUJITA, T. 1996. Accumulation and excretion of organophosphorus pesticides by willow shiner. *Chemosphere*, Oxford, 25(12): 1945-1951.

VILLEN, R.; Del CARRATORE, C.R.; MACHADO, J.H. 1998 Eficácia do tratamento terapêutico com dimetil-paration e ascículas de Pinus (*Pinus elliot*) em peixes acometidos por lerneoses (*Lernaea sp.*). In: Aquicultura Brasil'98, CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., Recife, 2-6/nov./1998. *Anais...* v.2, p.689- 695.

WENDELAAR BONGA, S. F. 1997 The stress response in fish. *Physiological Reviews*, Baltimore, 77: 591-625.

ZITKO, V. 2001 Analytical chemistry in monitoring the effects of aquaculture: one laboratory's perspective.-*ICES Journal of Marine Science*, London, 58: 486-491.