



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e
Sustentabilidade na Amazônia – PPG/CASA

Aplicação da Distribuição de Sensibilidade de Espécies a agrotóxicos para
a definição de padrões de qualidade da água e proteção da biodiversidade
aquática.

Gisele Cortez Custódio Vilarinho

Manaus – Amazonas

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e
Sustentabilidade na Amazônia – PPG/CASA

Gisele Cortez Custódio Vilarinho

Aplicação da Distribuição de Sensibilidade de Espécies a agrotóxicos para
a definição de padrões de qualidade da água e proteção da biodiversidade
aquática

Orientadora Prof^a Dr^a: Andrea Viviana Waichman

Co-orientador: Prof. Dr. Aloysio Ferrão-Filho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia – PPG/CASA, na linha de pesquisa de conservação dos recursos naturais, como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia.

Manaus – Amazonas

2013

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

V697a Vilarinho, Gisele Cortez Custódio
Aplicação da distribuição de sensibilidade de espécies a agrotóxicos para a definição de padrões de qualidade da água e proteção da biodiversidade aquática / Gisele Cortez Custódio Vilarinho. - 2013.
66 f. : il. ; 31 cm.
Dissertação (mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) — Universidade Federal do Amazonas.
Orientador: Prof^a. Dr^a. Andrea Viviana Waichman.
Co-orientador: Prof. Dr. Aloysio Ferrão-Filho.

1. Produtos químicos agrícolas – Aspectos ambientais 2. Controle de qualidade da água 3. Água – Qualidade - Medição I. Waichman, Andrea Viviana, orientador II. Ferrão-Filho, Aloysio, orientador III. Universidade Federal do Amazonas IV. Título

CDU (2007): 632.95(043.3)

Gisele Cortez Custódio Vilarinho

Aplicação da Distribuição de Sensibilidade de Espécies a agrotóxicos para a definição de padrões de qualidade da água e proteção da biodiversidade aquática

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia – PPG/CASA, na linha de pesquisa de conservação dos recursos naturais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia.

Aprovada em 28 de Março de 2013

BANCA EXAMINADORA

Profa Dra . Andrea V. Waichman - Presidente
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof Dr. Sergio Luiz da Silva Rodrigues - Membro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Profa. Dra. Maria Olívia Albuquerque Ribeiro Simão - Membro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

*A família mais incrível do Universo
meus pais Jone, Ray, irmão Eli, cunhada Lohaina e meu marido André.*

Com grande alegria,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e sua misericórdia em permitir que este trabalho seja concluído.

A minha família por todo amor e indescritível mobilização para tornar meus sonhos reais. Especialmente aos meus pais, Jone e Ray por todo investimento e dedicação na minha educação, me dando liberdade e incentivando a fazer e descobrir o que gosto e quem sou.

Ao meu irmão e cunhada, Eli e Lohaina, pela amizade, amor, ajuda no decorrer de todos esses anos e por toda ajuda no desenvolvimento direto dessa dissertação.

Ao marido e melhor amigo, André, por sua amizade, amor, paciência, e cuidado, ajudando-me nas coletas e tabulação de dados, preocupando-se em tornar o clima o mais agradável possível para que eu pudesse trabalhar.

A minha orientadora Dra. Andrea Viviana Waichman, pela disponibilidade em ensinar, ajudar e me orientar no desenvolvimento deste trabalho, mesmo em meio a toda demanda de trabalho e projetos dos quais ela é responsável.

Ao meu co-orientador Dr. Aloysio Ferrão-Filho, por ter me recebido em seu laboratório na FIOCRUZ/RJ, por ter dedicado do seu tempo para me ensinar e apresentar as metodologia de trabalho com cladóceros tropicais, e depois, mesmo de longe, continuar a me auxiliar em meu desenvolvimento profissional.

Ao Dr. Thierry Gasnier e Ao Dr. Sergio Luiz da Silva pela estrutura cedida no Laboratório de Ecologia 2, pelos ensinamentos e paciência em elucidar minhas dúvidas, ajuda e suporte na estruturação do trabalho e orientações gerais.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia 1 e 2 da UFAM, Thiago, Jessica, Jose Paulo e Adriana pelos momentos de confraternização e por tornarem o local de trabalho um lugar agradável e interessante.

As amigas , Erika Portela e Paola Campos, pela ajuda nas coletas, divisão do espaço, leitura de artigo, e especialmente por toda compreensão nos momentos em que maior tensão.

A querida Rachel Gebber por nossas conversas e disponibilidade em ajudar, seja no manuseio de equipamentos seja em discussões sobre artigos, e principalmente por me colocar em contato com o MSc. Andreu Rico, a quem também agradeço pelos ensinamentos e prontidão ao responder minhas dúvidas sobre seus artigos.

Aos meus queridos amigos e companheiros de pos-graduação Caroline Yoshida e Hécio Honorato, por todas as intermináveis conversas, brincadeiras, apoio em campo e estudos e por divirmos nossas dúvidas, tristezas e alegrias durante essa jornada.

Aos diversos profissionais da Universidade Federal do Amazonas, Dra. Sandra Noda, Dra. Eva Atroch, Dra. Izeni Farias, aos técnicos do laboratório de genética, de química e de cultura de tecidos, pelas concessões de matérias e espaços realizadas a fim de facilitar o desenvolvimento das pesquisas realizadas durante o mestrado.

À Universidade Federal do Amazonas, em particular ao Centro de Ciências do Ambiente, pela oportunidade de vivencia e fazer parte da história dessa instituição.

Ao Dr. Henrique Pereira, na figura de professor e coordenador do curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, por juntamente com toda a equipe de professores, não medir esforços para proporcionar uma educação de qualidade, buscando melhorias para o curso e alunos a fim de facilitar o desenvolvimento dos trabalhos.

Aos demais funcionários do PPG-CASA, no auxílio na manutenção da sala de alunos, e esclarecimento de todos os documentos necessários para o usufruto de bolsas, diárias e passagens para participação em congressos, cursos e trabalho de campo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

“Desejos não resistem às dificuldades da vida, sonhos são projetos de vida, sobrevivem ao caos.” - **Augusto Cury**

Nobody said it was easy.

No one ever said it would be so hard

The Scientist – Cold Play

Resumo

Distribuição da Sensibilidade das Espécies - DSEs (Species Sensibility Distributions - SSDs) é um método utilizado para representar a variação da sensibilidade de múltiplas espécies em relação a um determinado componente tóxico representado por uma função estatística. Ao longo das últimas décadas este método vem sendo amplamente utilizado por diferentes comunidades internacionais como uma ferramenta para a definição de padrões de qualidade no que se refere aos valores máximos permitidos de componentes tóxicos no meio ambiente. Neste trabalho propomos a utilização de DSEs para a definição de valores máximos permitidos (padrões de qualidade da água) para diversos agrotóxicos de forma a proteger a biodiversidade aquática da Amazônia. Realizamos levantamento dos dados disponíveis em banco de dados e artigos publicados, padronizamos e selecionamos os critérios para análises e em seguida comparamos os valores encontrados com o proposto na Resolução CONAMA N° 357/2005 a fim de chegarmos a conclusões inerentes ao ambiente amazônico. Os agrotóxicos analisados foram o inseticida Deltametrina, Malationa, Parationa-Metilica e Imidacloprido dos quais foram analisados suas ações em Peixes e Artrópodes, o fungicidas Mancozebe e suas ações em Peixes e Invertebrados, e também os herbicidas Glifosato e Paraquate dos quais além das análises em Peixes e Invertebrados foram também dispostos dados sobre Algas e Macrofitas. Os valores de HC5 gerados com a construção das DSEs foram utilizados para determinar os padrões de qualidade de água, a partir disso os valores das concentrações máximas propostas foram de 0,00002 µg/L para Deltametrial, 0,026 µg/L para Imidacloprido, 0,102 µg/L para Malationa, 0,02 µg/L para Parationa Metilica, 1,284 µg/L para Mancozebe, 19,27 µg/L para Glifosato e 0,006 µg/L para o Paraquate. No caso do malation, o valor determinado coincide com o valor já proposto na Resolução CONAMA N° 357/2005. Para o glifosato, o valor calculado foi cinco vezes menor que o determinado na resolução. Para os demais agrotóxicos não foi possível fazer a comparação, pois a legislação brasileira carece de informações sobre limites para estes. Conclui-se que é possível estimar padrões de qualidade para a região amazônica a partir de dados gerados em outras regiões e que tais padrões podem guiar a utilização de componentes tóxicos afim de minimizar os impactos ambientais causados pelos mesmos.

Palavra-chave: Agrotóxicos; Padrão de Qualidade de Água; Sensibilidade de Espécies.

Abstract

Species Distributions Sensibility - SSDs is a method used to represent the variation of the sensitivity of multiple species in a given toxic component represented by a statistical function. Over the last decades this method has been widely utilized by various international communities as a tool for defining qualities patterns to the use of toxic components in the environment. In this work we propose the use of SSDs to define safe use of different pesticides in the Amazon. For this, we conducted survey on data available in the database and articles published, standardized and selected the criteria for analysis e then compared with the values found in the proposed CONAMA Resolution No. 357/2005. The pesticides studied were the insecticide deltamethrin, malathion, parathion-methyl and imidacloprid, were analyzed their actions in fish and arthropods, the fungicides Mancozeb and their actions in fish and invertebrates and also the herbicides glyphosate and paraquat their actions in fish and invertebrates and in algae and macrophytes. The HC5 values generated with the construction of the SDRs were used to determine the water quality standards and the values of the proposed maximum concentration values were 0.00002 $\mu\text{g/L}$ for Deltametrinal, 0.026 $\mu\text{g/L}$ for Imidacloprid, 0.102 $\mu\text{g} / \text{L}$ for malathion, 0.02 $\mu\text{g/L}$ for methyl parathion, 1.284 $\mu\text{g} / \text{L}$ for Mancozeb, 19.27 $\mu\text{g} / \text{L}$ for glyphosate and 0.006 $\mu\text{g} / \text{L}$ for paraquat. In the case of malathion, the determined value matches the value already proposed in CONAMA Resolution No. 357/2005. For glyphosate, the calculated value is five times smaller than the to the resolution. For other pesticides was not possible to make a comparison because Brazilian law lacks information on these ceilings. From the results we can conclude that it is possible to estimate quality standards for the Amazon region and that these patterns can best guide and the use of toxic components to minimize the environmental impact caused by them.

Key-word: Pesticides, Water Quality Standards; Sensitivity of Species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula Estrutural do Deltametrina.....	23
Figura 2. Fórmula Estrutural do Malationa.....	24
Figura 3. Fórmula Estrutural do Parationa-Metilica.....	25
Figura 4. Fórmula Estrutural do Imidacloprido.....	27
Figura 5. Fórmula Estrutural do Mancozebe.....	28
Figura 6. Fórmula Estrutural do Glifosato.....	28
Figura 7. Fórmula Estrutural do Paraquate.....	29
Figura 8. Fórmula Estrutural do Dicloreto de Paraquate.....	30
Figura 9. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixe e artrópodes para a deltametrina. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.....	35
Figura 10. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para a deltametrina. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.....	36
Figura 11. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para a deltametrina. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses	36
Figura 12. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para o imidacloprido. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.	37
Figura 13. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para a malationa. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.....	38

Figura 14. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para a malationa. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.	39
Figura 15. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para a parationa metfílica. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.	40
Figura 16. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para a parationa metfílica. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.	40
Figura 17. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes e invertebrados para o mancozeb. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses....	41
Figura 18. Distribuição de sensibilidade de espécies de algas e macrófitas aquáticas para o glifosato. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses....	42
Figura 19. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes e invertebrados para o glifosato. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.....	43
Figura 20. Distribuição de sensibilidade de espécies de algas e macrófitas aquáticas para o paraquate. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses....	44
Figura 21. Distribuição de sensibilidade de espécies de invertebrados para o paraquate. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.	44

Figura 22. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para o paraquate. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses..... 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores máximos permitidos de agrotóxicos no ambiente aquático calculados utilizando a abordagem de distribuição de sensibilidade de espécies. HC5 é a concentração de risco para 5% das espécies e que protege 95% das espécies; o percentil de 5% corresponde ao limite inferior de confiança (5%) do HC5. O valor máximo foi calculado dividindo o percentil de 5% por um fator de segurança de 5. 46

Tabela 2. Valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para as classes 1 e 2 de águas doces, destinadas à proteção das comunidades aquáticas. 47

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CE₅₀: Concentração de um composto efetiva que causa imobilidade em 50% dos organismos expostos

CENO: Concentração de efeito não observado

CL₅₀: Concentração letal de um composto que causa a mortalidade de 50% dos organismos expostos

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DSE: Distribuição da sensibilidade de espécies

EPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América

FAO: Organização de Alimento e Agricultura das Nações Unidas

HC₅: Concentração que afeta apenas 5% dos organismos expostos.

HCS: Concentração de risco

HC_p: Concentração de um componente químico na água que é capaz de afetar uma proporção (p) de um grupo de espécies

IDA: Ingestão Diária Aceitável

OECD: Organização pela Cooperação Econômica e Desenvolvimento das Nações Unidas

SINDAG: Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola

UNEP: Programa Ambiental das Nações Unidas

US-EPA ECOTOX: Banco de dados ecotoxicológicos da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	22
2.1	Geral	22
2.2	Específicos	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	Seleção e Coleta de Dados	23
3.1.1	A escolha dos agrotóxicos	23
3.1.2	A seleção das espécies	30
3.2	Distribuições de Sensibilidade das Espécies - DSEs	31
3.3	Cálculo do valor máximo permitido de agrotóxico (padrão de qualidade da água) .	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	Curvas de sensibilidade de espécies e determinação do HC5	34
4.1.1	Inseticidas	34
4.1.2	Fungicidas	41
4.1.3	Herbicidas	42
4.2	Cálculo dos valores máximos de agrotóxicos (padrões de qualidade da água)	45
5	CONCLUSÃO	51
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
7	ANEXOS	57

INTRODUÇÃO

Desde a síntese dos primeiros agrotóxicos sintéticos na década de 40, o seu uso na agricultura tem aumentado a cada ano, a ponto de se tornarem elementos indispensáveis à produção agrícola em todo o mundo. Inicialmente, o uso de agrotóxicos se mostrou extremamente efetivo no combate às pragas, promovendo o aumento da produtividade na agricultura e gerando benefícios com o incremento da produção de alimentos. Nessa época, ainda não se vislumbravam os efeitos adversos do uso dessas substâncias tanto para a saúde humana quanto para o ambiente. Somente a partir da década de 60, os cientistas começaram a perceber os efeitos nocivos dos agrotóxicos para o ambiente, principalmente com a publicação do livro *A Primavera Silenciosa* (CARSON, 1962). Desde então, o debate sobre os riscos e benefícios do uso de agrotóxicos tem aumentado, bem como a quantidade de pesquisas voltadas para determinar e compreender o impacto do uso dos agrotóxicos no ambiente.

No Brasil, o uso de agrotóxicos se iniciou na década de 40, com grande aumento na década de 60 como parte da política de modernização da agricultura brasileira, quando o governo ofereceu incentivos para a instalação da indústria de agrotóxicos no país e seu amplo uso nas lavouras foi promovido ao condicionar a obtenção do crédito rural à aquisição de agrotóxicos (SOARES & PORTO, 2009; PORTO & SOARES, 2012). Desde então, o uso destes insumos químicos tem aumentado ano a ano. Nos últimos dez anos o mercado brasileiro de agrotóxicos cresceu 190%, passando de 599,5 em 2002 para 852,8 milhões de litros pulverizados nas lavouras brasileiras em 2011 (CARNEIRO *et al.*, 2012). Com o desempenho excepcional da agricultura brasileira na última década, e considerando a manutenção dessa tendência, a Food and Agriculture Organization (FAO) e a Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) estimam que o Brasil tornou-se nesta

década (2010 - 2019), o maior produtor agrícola e o maior consumidor de agrotóxicos do mundo (OECD & FAO, 2010).

A política de modernização da agricultura brasileira, previamente mencionada, promoveu também, a partir da década de 60, a expansão das fronteiras agrícolas. Embora a maior parte da expansão agrícola tenha se produzido nas regiões sul e sudeste do Brasil, a Amazônia se constitui hoje na principal fronteira agrícola do país (PERES & SCHNIDER, 2012). Além de ser a principal fronteira agrícola do Brasil, a Amazônia é, concomitantemente, a mais importante área tropical do planeta, contendo aproximadamente 40% da floresta tropical remanescente, e concentrando uma enorme diversidade de espécies da flora e da fauna (LAURANCE *et al.*, 2001). Entretanto, este enorme capital natural vem sendo ameaçado pelo desmatamento, o aumento populacional e mudanças no uso da terra, resultando não só em perda de habitats e biodiversidade, mas na contaminação ambiental pelo uso de agrotóxicos (WAICHMAN *et al.*, 2002; CAMPOS, 2009)

Como era de se esperar, o avanço da agricultura na Amazônia também implicou no aumento do uso de agrotóxicos nessa região. Embora não se tenham estatísticas concretas sobre o uso de agrotóxicos na Amazônia, particularmente no estado do Amazonas, entre os anos de 1997 e 2011 a quantidade de agrotóxicos utilizados aumentou de três toneladas para 118 toneladas por ano (WAICHMAN, 2007; SINDAG), impulsionado pelo incremento da demanda por frutas e hortaliças na principal área urbana da Amazônia (WAICHMAN *et al.*, 2002; WAICHMAN *et al.*, 2007; RÖMBKE *et al.*, 2008).

Estudos realizados por Waichman *et al.*, (2002; 2007) nos municípios de Manacapuru, Careiro da Várzea e Iranduba têm mostrado os diversos fatores que contribuem para o uso incorreto de agrotóxicos na Amazônia, expondo o ambiente e a população ao risco de envenenamento. A vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos é alta devido a forte interação entre o ecossistema aquático e terrestre na Amazônia. Desta forma, a agricultura realizada

com o uso intensivo de agrotóxicos pode estar ameaçando também a integridade ecológica e os serviços ambientais fornecidos pelos ecossistemas aquáticos amazônicos. Os estudos mencionados relatam que os agricultores utilizam dosagens de agrotóxicos maiores que as recomendadas, e aplicam estes produtos com frequências maiores, em intervalos de aplicação menores que o recomendado. Dentre os agrotóxicos mais utilizados estão a parationa metílica, a deltametrina, o mancozeb e o glifosato, tendo a parationa metílica já sido banida na União Europeia e Estados Unidos (CAMPOS, 2009).

Apesar da Lei nº. 7.802/89 (Lei dos Agrotóxicos), que determina que a venda de agrotóxicos deve estar vinculada a existência de uma receita agrônômica e técnicos treinados para a aplicação, os agrotóxicos têm sido livremente comercializados e manuseados de maneira inadequada nas principais áreas agrícolas do Estado do Amazonas (WAICHMAN *et al.*, 2002; WAICHMAN *et al.*, 2007; RÖMBKE *et al.*, 2008). O uso indiscriminado de agrotóxico sem as devidas precauções em áreas agrícolas da Amazônia, além de se constituir em uma fonte de contaminação humana é também causadora de impactos principalmente sobre o solo e ecossistemas aquáticos da região, colocando não só em risco a biodiversidade e abundância de organismos, mas o funcionamento e sustentabilidade desses ecossistemas.

A análise do quadro descrito deve servir como uma alerta a respeito da configuração atual da agricultura na Amazônia Central, uma vez que a utilização de insumos químicos tem crescido bastante nas regiões de várzea. Campos (2009) verificou que em amostras de água provenientes do Careiro da Várzea, Manaus e Iranduba, as concentrações de parationa-metílica e malationa encontram-se acima do valor máximo permitido em corpos d'água da região, segundo Resolução CONAMA Nº 357/2005, representando risco ambiental para a biodiversidade aquática.

Apesar da existência da Resolução CONAMA Nº 357/2005, que determina os valores máximos de diversas substâncias nas águas do Brasil, a maior parte dos agrotóxicos ainda não

teve seus valores máximos permitidos estipulados na legislação. Neste contexto, a ausência destes valores máximos permitidos cria um cenário onde se torna quase impossível implementar ações para a proteção da biodiversidade aquática e para o uso correto de agrotóxicos. Além disso, há necessidade de implementação de uma abordagem mais abrangente, pois os padrões de qualidade de água, e, portanto, os valores máximos permitidos de substâncias tóxicas no meio aquático são calculados apenas com base em testes realizados com duas espécies padrão, *Daphnia similis*, espécie de zona temperada, e *Ceriodaphnia silvestri*, espécie nativa (ABNT, 2003; ABNT, 2010), sendo estas utilizadas como equivalentes para representar o efeito em diversas espécies de um mesmo ecossistema ou nível trófico (LACHER & GOLDSTEIN, 1997). Esta abordagem na definição das concentrações máximas de substâncias permitidas é falha, uma vez que o que se pretende proteger não é uma determinada espécie, mas as populações, as comunidades e os ecossistemas aquáticos de forma geral. Desta forma, o desafio atual é estabelecer concentrações máximas ou limite de contaminantes ambientais que protejam a diversidade de espécies e os atributos funcionais dos ecossistemas naturais. Para resolver o impasse da extrapolação realizada a partir de uma ou duas espécies para inferir efeitos no conjunto das espécies do ecossistema foi proposto o método da avaliação da distribuição de sensibilidade de espécies, considerando que estas variam consideravelmente na sua sensibilidade aos contaminantes ambientais, e essa variação pode ser descrita através da construção de uma distribuição da sensibilidade de espécies (DSE) (NEWMAN, 2000).

O uso da DSE para determinação de concentrações máximas de contaminantes no ambiente foi proposto na década de 70 nos Estados Unidos (SUTER, 2002) e posteriormente, na década de 80, na Europa (VAN STRAALLEN & VAN LEWEEN, 2002). Embora não seja um método utilizado no Brasil para a definição de padrões de qualidade da água, atualmente, diversos órgãos de proteção ambiental na Europa e América do Norte vêm utilizando o

método DSE para determinar as concentrações máximas de componentes tóxicos no ambiente. Assim, é calculada uma concentração conhecida como o HC₅ (concentração perigosa para 5% das espécies, ou que proporciona um nível de proteção para 95% das espécies), uma vez que é assumido que o ecossistema aquático pode tolerar certo grau de estresse químico (WHEELER *et al.*, 2002). Este método leva em conta a diversidade de espécies representando de forma mais abrangente o comportamento de determinada substância no ambiente, pois se utiliza de dados de sensibilidade de diferentes organismos e assim determina qual a fração afetada de espécies para cada composto estudado. Com base nessas informações pode ser proposto um valor máximo da substância no ambiente de acordo com a proporção de espécies que se quer preservar (MALTBY *et al.*, 2005; DAAM & VAN DEN BRINK, 2010).

Um aparente entrave na utilização do método DSE para definir padrões de qualidade de água para agrotóxicos na Amazônia se dá por conta da escassez de dados ecotoxicológicos com espécies da região. Porém, diversos trabalhos revelam não haver diferenças significativas de sensibilidade aos agrotóxicos entre espécies tropicais e temperadas (*e.g.* DYER *et al.*, 1997; MALTBY *et al.*, 2005; KWOK *et al.*, 2007; DAAM *et al.*, 2008; DAAM *et al.*, 2009^a; DAAM *et al.*, 2009^b; RICO *et al.*, 2010; RICO *et al.*, 2011). Por essa razão, este trabalho se propõe estabelecer valores máximos de agrotóxicos (padrões de qualidade da água) para os corpos d'água, que sejam protetivos para a biodiversidade aquática amazônica, com base na utilização do método de distribuição de sensibilidade de espécies, utilizando-se de informações de toxicidade de agrotóxicos para diversas espécies aquáticas disponíveis em banco de dados da Agência Ambiental Americana (EPA), agências ambientais da União Europeia e publicações científicas.

1 OBJETIVOS

1.1 Geral

Definir valores máximos permitidos (padrões de qualidade da água) para diversos agrotóxicos de forma a proteger a biodiversidade aquática da Amazônia.

1.2 Específicos

- Determinar a concentração de risco que afeta 5% das espécies e protege 95% (HC₅), através da construção de curva de sensibilidade das espécies estudadas para cada agrotóxico avaliado e a partir dessa concentração determinar padrões de qualidade da água;
- Fornecer subsídios aos órgãos de proteção ambiental, no que diz respeito à sensibilidade de organismos aquáticos expostos a concentrações de agrotóxicos na água, de forma a proteger a biodiversidade aquática da região amazônica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Seleção e Coleta de Dados

2.1.1 A escolha dos agrotóxicos

Os trabalhos realizados por Waichman (2008) e Campos (2009) indicam que no estado do Amazonas, os inseticidas representam 45% dos agrotóxicos utilizados nos Municípios de Manaus, Careiro da Várzea, Iranduba e Manacapuru. Além disso, foi verificado nesses mesmos municípios o uso expressivo dos inseticidas *organosfosforados*, *malationa* e *parationa-metilica*, do inseticida piretróide *deltametrina*, do fungicida *mancozeb* e dos herbicidas *glifosato* e *paraquate*. Levantamentos recentes de Waichman (comunicação pessoal) indicaram também a utilização intensiva de *imidacloprido*. Por serem os agrotóxicos de maior utilização no Amazonas, foram estes os selecionados para análise.

O composto Deltametrina é um inseticida do grupo dos piretróides e tem sua classificação toxicológica definida como classe III - mediantemente perigoso, conhecido quimicamente como (S)- α -cyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)- 2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate e fórmula molecular $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$, e fórmula estrutural representada no figura 1.

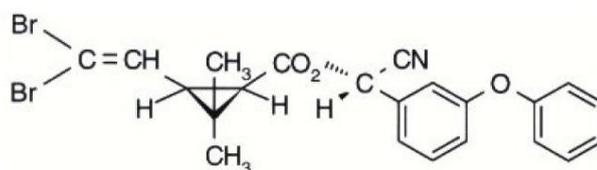


Figura 1. Fórmula Estrutural da Deltametrina
Fonte: ANVISA.

Sua utilização é recomendada para o controle de formigas e para preservação da madeira. No Brasil, esse composto é empregado no meio agrícola, em culturas de abacaxi, algodão, alho, ameixa, amendoim, arroz, batata, berinjela, brócolis, cacau, café, caju, cebola, citros, couve, couve-flor, crisântemo, eucalipto, feijão, feijão-vagem, figo, fumo, gladiolo, maçã, melancia, melão, milho, pastagem, pepino, pêssego, pimentão, repolho, seringueira, soja, sorgo, tomate e trigo (ANVISA – Índices Monográficos). Para uso doméstico pode ser encontrado em aerossóis caseiros, aerossóis concentrados e pós, para uso em vegetais, frutíferas, arbustos ornamentais e flores.

A absorção desse composto em mamíferos pode ocorrer tanto por via oral quanto via dérmica, porém a velocidade de absorção varia conforme o solvente utilizado em sua formulação (BRAGUINI, 2005), e sua ingestão diária aceitável é de 0,01 mg/kg p.c. Além disso, mesmo não sendo um composto persistente, ele tem sido considerado altamente tóxico para peixes, pois, devido sua propriedade lipofílica, pode ser altamente absorvido nas brânquias e o efeito sobre a sensibilidade dos mesmos depende principalmente da concentração e duração de exposição (SANTOS *et al.*, 2007).

O organofosforado Malationa é um inseticida e acaricida, classificado como medianamente tóxico (classe III), de nome químico diethyl (dimethoxythiophosphorylthio) succinate e fórmula bruta $C_{10}H_{19}O_6PS_2$, fórmula estrutural conforme figura 2.

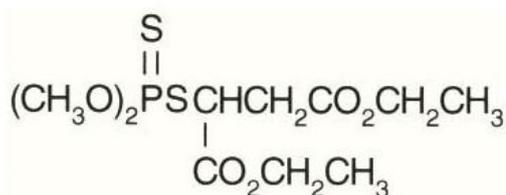


Figura 2. Fórmula Estrutural da Malationa
Fonte: ANVISA.

é largamente utilizado em países em desenvolvimento. Seu uso agrícola é autorizado no Brasil para aplicação *foliar* nas culturas de alface, algodão, berinjela, brócolis, cacau, café, citros, couve, couve-flor, feijão, maçã, morango, orquídeas, pastagens, pepino, pera, pêsego, repolho, rosa, soja e tomate (ANVISA – Índices Monográficos).

Segundo a ANVISA, a Ingestão Diária Aceitável (IDA) = 0,3 mg/kg p.c. Em caso de contaminação em seres humanos, sua ação toxica atinge o sistema nervoso autônomo e central, podendo causar uma serie de problemas, tais como náuseas, vômitos, convulsões e falta de coordenação (GRIZA *et al.*, 2008).

Por sua vez, o inseticida e acaricida Parationa-Metilica é classificado como extremamente tóxico (classe I), com n químico: O,O-dimethyl O-4-nitrophenyl phosphorothioate, formula bruta: C₈H₁₀NO₅PS e fórmula estrutural representada no figura 3.

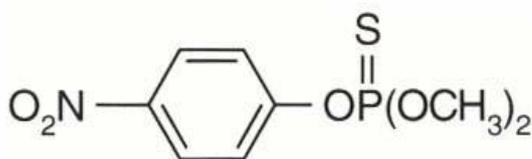


Figura 3. Fórmula Estrutural da Parationa-Metilica
Fonte: ANVISA.

Sua utilização ocorre principalmente em aplicação *foliar* nas culturas de algodão, alho, arroz, batata, cebola, feijão, milho, soja e trigo (ANVISA – Índices Monográficos). A exposição a esse inseticida mesmo em baixas concentrações, pode causar ansiedade, depressão, dificuldade de concentração, lesões maculares comprometendo a visão, entre outros (GRIZA *et al.*, 2008). Em 2012, a ANVISA, divulgou uma nota técnica e consulta pública recomendando o banimento da parationa-metílica essa recomendação baseou-se no

fato de que durante sua biotransformação é formado o metabolito paraoxona, prolongando os efeitos tóxicos desse princípio ativo.

Além disso, diversos estudos têm demonstrado o potencial de persistência desse produto e seus conseqüente danos à saúde humana, com efeitos sobre reprodução, e sistema neurológico. A paritiona-metílica já foi banida do China e no Japão. Nos Estados Unidos o uso deste é limitado (ANVISA – Nota Técnica: Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo da Parationa-metílica).

No Índice Monográfico descrito pela ANVISA, consta que o IDA é 0,003 mg/kg p.c., e que a informação de que no rótulo de todos os produtos que contém parationa-metilica deve-se informar: "O metil paration é um inibidor das colinesterases. Além dos efeitos próprios do paration, durante sua biotransformação é formado o paraoxon, um metabólito que aumenta e prolonga os efeitos tóxicos. No tratamento devem ser utilizados atropina e pralidoxima, e o paciente deve ser observado e se necessário receber tratamento por um maior período de tempo". E segundo recomendação do Programa Ambiental das Nações Unidas e a Organização de Alimento e Agricultura das Nações Unidas (UNEP/FAO, 2005) deve-se ainda acrescentar indicações de risco: "extremamente tóxico, perigoso para o ambiente, se aquecido pode causar explosão, inflamável, tóxico em contato com a pele, muito tóxico se inalado ou ingerido, perigo de dano grave à saúde pela exposição prolongada, muito tóxico aos organismos aquáticos, pode causar efeitos adversos em longo prazo no ambiente aquático, tóxico para abelhas" (ANVISA – Índices Monográficos).

O Imidacloprido é um inseticida neonicotinóide classificado como mediantemente tóxico (classe III), de nome químico 1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine, fórmula bruta: $C_9H_{10}ClN_5O_2$ e fórmula estrutural demonstrado no figura 4.

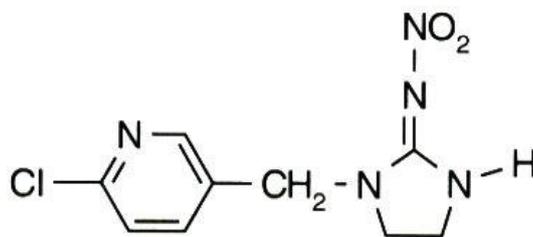


Figura 4. Fórmula Estrutural do Imidacloprido
Fonte: ANVISA.

Ele é usado principalmente no controle de cupins e outros insetos que atacam as culturas. Sua IDA é de 0,05 mg/kg p.c., e a concentração máxima permitida para venda direta ao consumidor de 2,15%. Esse composto é autorizado para aplicação *foliar* nas culturas de alface, algodão, alho, almeirão, banana, batata, berinjela, cebola, citros, couve, couve-flor, crisântemo, eucalipto, feijão, fumo, gérbera, goiaba, jiló, mamão, manga, maracujá, melancia, milho, palma forrageira, pepino, pimentão, pinus, soja, tomate, trigo e uva. Podem ser também utilizadas em *folhas de mudas* de abacaxi, abóbora, abobrinha, brócolis, chicória, couve-flor, eucalipto, melancia, melão, pepino, repolho, *no solo* para proteção das culturas de cana-de-açúcar, café, eucalipto, fumo e pinus, *no tronco* de café, citros, mamão, pêsego e uva e *em sementes* de algodão, amendoim, arroz, aveia, cevada, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo e trigo (ANVISA – Índices Monográficos).

O mancozebe é um fungicida e acaricida do grupo dos alquilenobis (ditiocarbamato) e está classificado como medianamente tóxico para o meio ambiente (classe III). Seu nome químico é manganês ethylenebis (dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt, fórmula bruta: $(C_4H_6N_2S_4Mn)_x (Zn)_y$ e fórmula estrutural conforme figura 5.

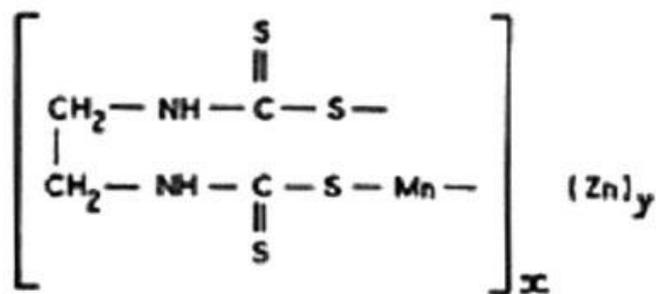


Figura 5. Fórmula Estrutural da Mancozebe
Fonte: ANVISA.

Seu uso é indicado para aplicação *foliar* nas culturas de abacate, abóbora, alho, amendoim, arroz, banana, batata, berinjela, beterraba, brócolis, café, cebola, cenoura, cevada, citros, couve, couve-flor, cravo, crisântemo, dália, ervilha, feijão, feijão-vagem, figo, fumo, gladiolo, hortênsia, maçã, mamão, manga, melancia, melão, orquídeas, pepino, pera, pêsego, pimentão, repolho, rosa, seringueira, tomate, trigo, uva e vagem (ANVISA – Índices Monográficos).

Glifosato é um herbicida do grupo glicina substituída, classificado como pouco tóxico para o meio ambiente (classe IV), nome químico: N-(fosfonomethyl) glycine, fórmula bruta: $\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$ e fórmula estrutural observar na figura 6. E pode ser encontrado em forma de sais, sendo sal de isopropilamina (glyphosate-isopropylammonium), sal de potássio (glyphosate-potassium) e sal de amônio (glyphosate-ammonium).

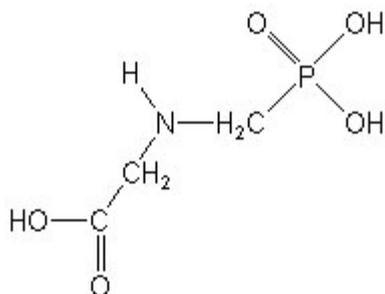


Figura 6. Fórmula Estrutural da Glifosato
Fonte: ANVISA.

Hoje o glifosato, é principal herbicida utilizado no mundo, tendo participação de 10% do total de defensivos agrícolas consumidos (MOURA, 2009).e possui uma ingestão Diária Aceitável de 0,042 mg/Kg p.c.Sua utilização é amplamente em *pós-emergência* das plantas infestantes nas culturas de algodão, ameixa, arroz, banana, cacau, café, cana-de-açúcar, citros, coco, feijão, fumo, maçã, mamão, milho, nectarina, pastagem, pera, pêssigo, seringueira, soja, trigo e uva, como maturador de cana-de-açúcar, para *eliminação de soqueira* no cultivo de arroz e cana-de-açúcar, em *pós-emergência* das plantas infestantes em florestas de eucalipto e pinus, *no controle da rebrota* do eucalipto e como *dessecante* nas culturas de aveia preta e soja (ANVISA – Índices Monográficos).

Por sua vez, o Paraquate é herbicida do grupo bipyridílio, extremamente tóxico (classe I)com nome químico: 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium, fórmula bruta: C₁₂H₁₄N₂ e fórmula estrutural apresentado no figura 7.

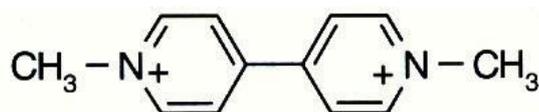


Figura 7. Fórmula Estrutural da Paraquate
Fonte: ANVISA.

Para uso comercial é utilizado um sal derivado do paraquate conhecido como dicloreto de paraquate, de formula química: 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride, fórmula bruta: C₁₂H₁₄Cl₂N₂ e fórmula estrutural esquematizada no figura 8.

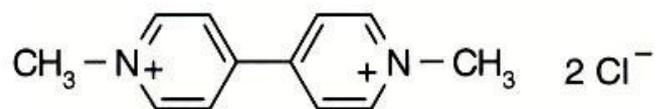


Figura 8. Fórmula Estrutural da Dicloreto de Paraquate
Fonte: ANVISA.

Sua aplicação é autorizada para uso agrícola em *pós-emergência* das plantas infestantes nas culturas de abacate, abacaxi, algodão, arroz, aspargo, banana, batata, beterraba, cacau, café, cana-de-açúcar, chá, citros, coco, couve, feijão, maçã, milho, pastagens, pera, pêssigo, seringueira, soja, sorgo, trigo e uva, como *dessecante* da cultura de algodão, arroz, batata, cana-de-açúcar, milho, soja e sorgo e sua IDA é 0,004 mg/kg p.c. (ANVISA – Índices Monográficos).

2.1.2 A seleção das espécies

Dados de toxicidade de agrotóxicos para peixes e invertebrados aquáticos foram coletados da base de dados da US-EPA ECOTOX (http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query.htm). Para efeito desse estudo, foram utilizados somente os parâmetros de toxicidade referentes mortalidade e imobilidade (CL₅₀ e CE₅₀, respectivamente) das espécies aquáticas selecionadas. Para a construção da curva de distribuição da sensibilidade de espécies (DSE) além dos dados da base da EPA, foram utilizados dados coletados de diversos artigos publicados em revistas científica internacionais na área de ecotoxicologia. Para fins de padronização, foram utilizados dados de CL₅₀ e CE₅₀ obtidos de experimentos com duração entre 1 (um) e 5 (cinco) dias, no caso de peixes e

invertebrados e de 1(um) a 14 (quatorze) dias no caso de algas e macrofitas aquáticas. Quando estiveram disponíveis dados de diferentes experimentos para a mesma espécie e mesmo critério de avaliação toxicológica, foi calculado a média geométrica dos valores de CL_{50} e CE_{50} existentes.

2.2 Distribuições de Sensibilidade das Espécies - DSEs

A Distribuição de Sensibilidade das Espécies - DSE (Species Sensibility Distribution - SSD) é um método utilizado para representar a variação da sensibilidade de múltiplas espécies em relação a um determinado componente tóxico, sendo representada por uma função estatística (ALDENBERG *et al.*, 2002). Desde o fim da década de 70 DSE são utilizadas nos EUA e Europa como ferramenta para definição de padrões de qualidade ambiental e para avaliação de risco ecológico.

De modo geral, DSE podem ser definidas como uma função de distribuição cumulativa de determinado componente tóxico em relação a um conjunto de espécies que possuam características comuns, como taxonomia, habitat ou região geográfica. Por meio deste método é possível também calcular as concentrações de risco (HCs) - concentrações de um componente químico na água que é capaz de afetar uma proporção (p) de um grupo de espécies (HCp). Através destes cálculos é possível derivar, quais concentrações de um determinado componente tóxico podem ser toleradas por diferentes grupos de espécies.

Para a execução do método DSE foram necessárias três fases: (1) seleção de dados toxicológicos; (2) análise estatística dos dados; e (3) interpretação dos resultados obtidos. A construção das curvas foi realizada utilizando o programa ETX versão 2.0 (VAN VLAARDINGEN *et al.*, 2004). O programa ETX, a partir dos dados de entrada, calcula o valor de concentração de proteção (CP) para 5% (HC_5) e 50% (HC_{50}) das espécies, com limite

de confiança de 95% baseado na metodologia descrita por Aldenberg e Jaworska (2000). Para a realização desse cálculo o programa ETX assume que os valores de entrada possuem uma distribuição log-normal de acordo com a seguinte fórmula:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \times \exp\left(\frac{-0.5 \times (x - \mu)^2}{\sigma^2}\right)$$

onde $x = \log(\text{EC}_{50} \text{ ou } \text{LC}_{50})$,

μ é a média do $\log(\text{EC}_{50} \text{ ou } \text{LC}_{50})$ e

σ é o desvio padrão do $\log(\text{EC}_{50} \text{ ou } \text{LC}_{50})$.

Uma vez que o modelo assume uma distribuição log-normal dos dados, a log-normalidade foi testada com o teste de Anderson-Darling incluído no pacote do software ETX.

2.3 Cálculo do valor máximo permitido de agrotóxico (padrão de qualidade da água)

A curva de DSE tem sido usada durante as últimas décadas nos Estados Unidos e na Europa para determinar os padrões de qualidade da água para o uso seguro de agrotóxicos (SUTER II, 2002; VAN STRAALLEN & VAN LEEUWEN, 2002; BROCK *et al.*, 2006). Assim, para o cálculo do valor máximo permitido de cada agrotóxico avaliado (padrão de qualidade da água) foi utilizado o limite inferior do intervalo de confiança (95%) do valor de HC_5 .

Como foram utilizados dados de CL_{50} e CE_{50} em vez dos valores da concentração de efeito não observado (CENO) para as espécies avaliadas, o valor do limite inferior do intervalo de confiança do valor de HC_5 foi corrigido por um fator de avaliação (AF) de 5, conforme indicado em Lepper (2002) e Brock *et al.* (2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na construção das curvas de sensibilidade de espécies deve ser considerado o modo de ação tóxica dos agrotóxicos, de forma a assim se poder escolher qual ou quais grupos taxonômicos são mais apropriados para uma definição mais acurada das concentrações máximas. Desta forma, as curvas de sensibilidade de espécies e a determinação do HC₅ correspondente foram realizadas separadamente para peixes e invertebrados aquáticos para os inseticidas (deltametrina, imidacloprido, malationa e parationa-metílica), pois estes agrotóxicos são, de forma geral, mais tóxicos para os invertebrados aquáticos que para os vertebrados (SOLOMON *et al.*, 2001; MALTBY *et al.*, 2005). No caso do fungicida (mancozebe) os dados de invertebrados e peixes foram considerados de forma conjunta para a construção das curvas, pois a toxicidade é a mesma para todos os grupos. Já, para os herbicidas (gliosato e paraquate) considerando que as algas são o grupo mais sensível, os dados de invertebrados e peixes foram agrupados e analisados separadamente dos dados das algas.

3.1 Curvas de sensibilidade de espécies e determinação do HC₅

3.1.1 Inseticidas

Deltametrina

Como mencionado acima, a curva de sensibilidade de espécies e o HC₅ para a deltametrina foi calculada primeiramente considerando peixes e artrópodes juntos e posteriormente, separadamente para peixes e artrópodes, uma vez que estes últimos são mais sensíveis ao agrotóxico (Figura 9, Figura 10 e Figura 11). O HC₅ considerando os dois grupos

de animais juntos foi de 0,0013 $\mu\text{g/L}$. Entretanto, quando a análise foi realizada separando os grupos evidencia-se que o HC_5 para artrópodes foi 76 vezes mais sensível do que para peixes, com valores médios de 0,0008 $\mu\text{g/L}$ e 0,061 $\mu\text{g/L}$, respectivamente.

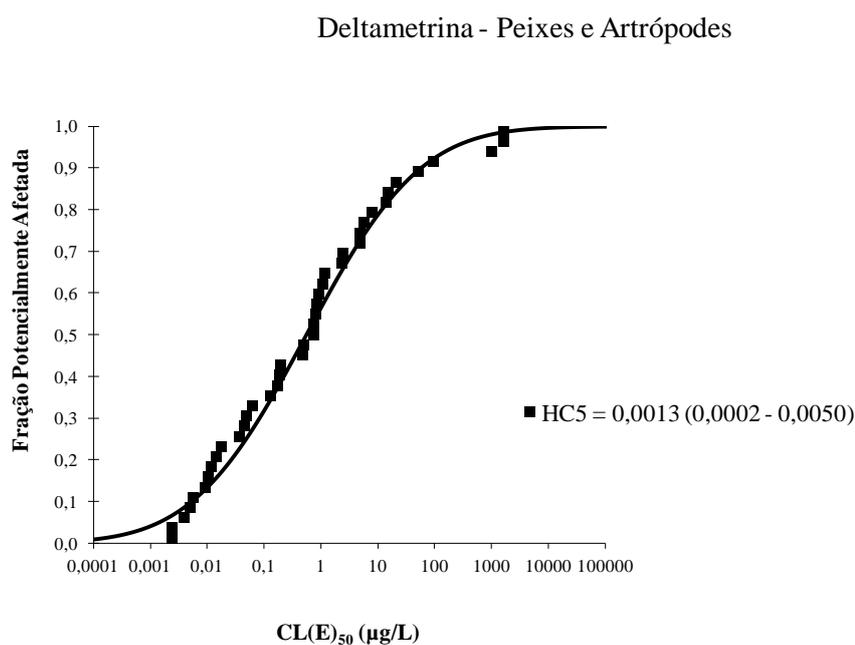


Figura 9. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixe e artrópodes para a deltametrina. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC_5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

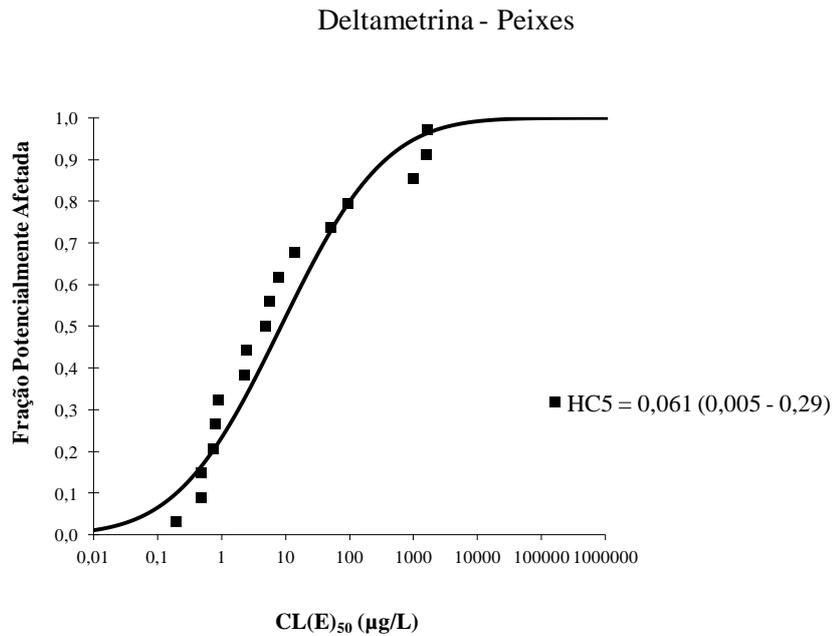


Figura 10. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixe para a deltametrina. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

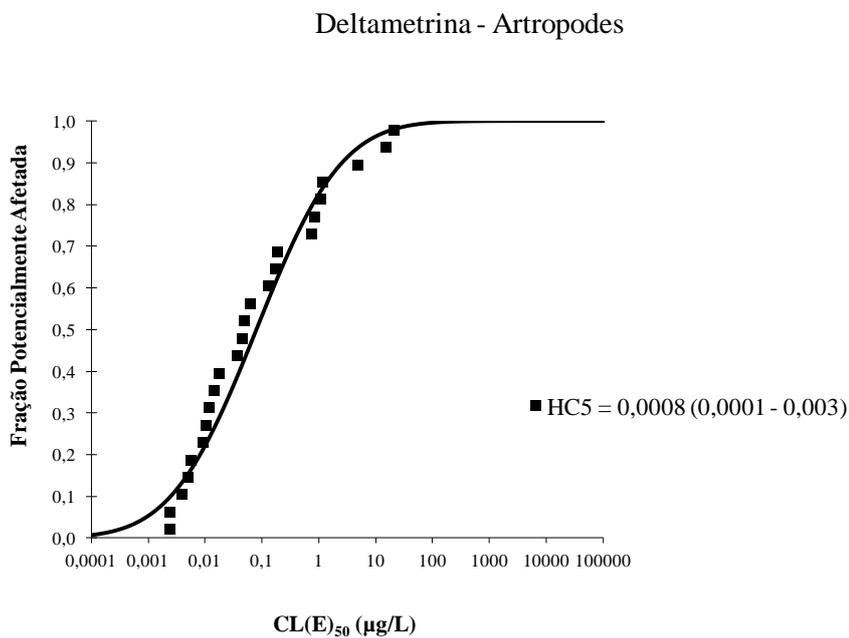


Figura 11. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para a deltametrina. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses

Imidacloprido

Poucos foram os dados encontrados para a construção da curva de sensibilidade de espécies ao imidacloprido utilizando peixes. Neste caso, somente foram encontrados dados de toxicidade aguda (CL_{50}) para as espécies *Cyprinodon varigatus*, *Lepomis macrochirus* e *Oncorhynchus mykiss*. Conforme estabelecido por Campbell *et al.* (1999), no caso de peixes, o número mínimo de espécies requerido para a construção da DSE é de cinco. Assim sendo, não foi calculado o HC_5 para peixes, uma vez que com a utilização de somente três espécies não geraria uma estimativa confiável do HC_5 .

Entretanto, para artrópodes dados toxicológicos para 26 espécies foram encontrados permitindo a construção da curva de sensibilidade de espécies (Figura 12). O valor da mediana da concentração de risco para 5% das espécies foi de 1,19 $\mu\text{g/L}$, com o limite inferior de 0,13 $\mu\text{g/L}$ e o superior de 5,87 $\mu\text{g/L}$.

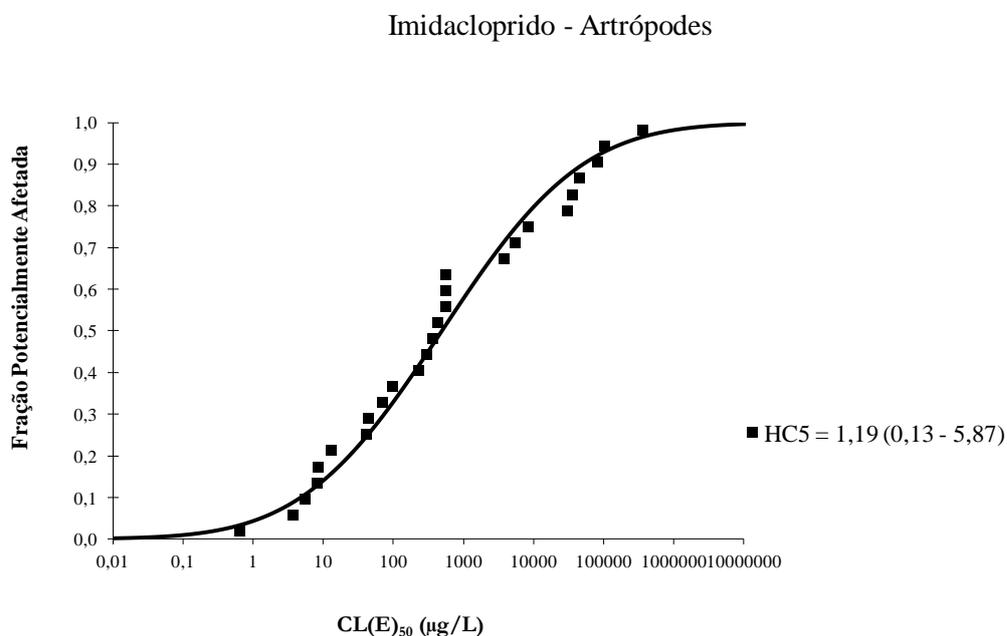


Figura 12 Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para o imidacloprido. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC_5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Malationa

No caso da malationa, quando os dados de peixes e artrópodes foram juntados para a análise, não se obteve aceitação no teste de normalidade (Anderson – Darling) e, portanto, não foi calculado o HC₅ para os grupos em conjunto. Assim, as curvas de DSE e o HC₅ foram construídos e calculados separadamente para peixes e artrópodes (Figura 13 e Figura 14). Fica evidente que a sensibilidade destes dois grupos taxonômicos à malationa é extremamente diferente, sendo que este agrotóxico é pouco tóxico para peixes, mas altamente tóxico para artrópodes. O HC₅ para este grupo (0,89 µg/L) foi de ordem de magnitude 460 vezes superior ao dos peixes (411 µg/L).

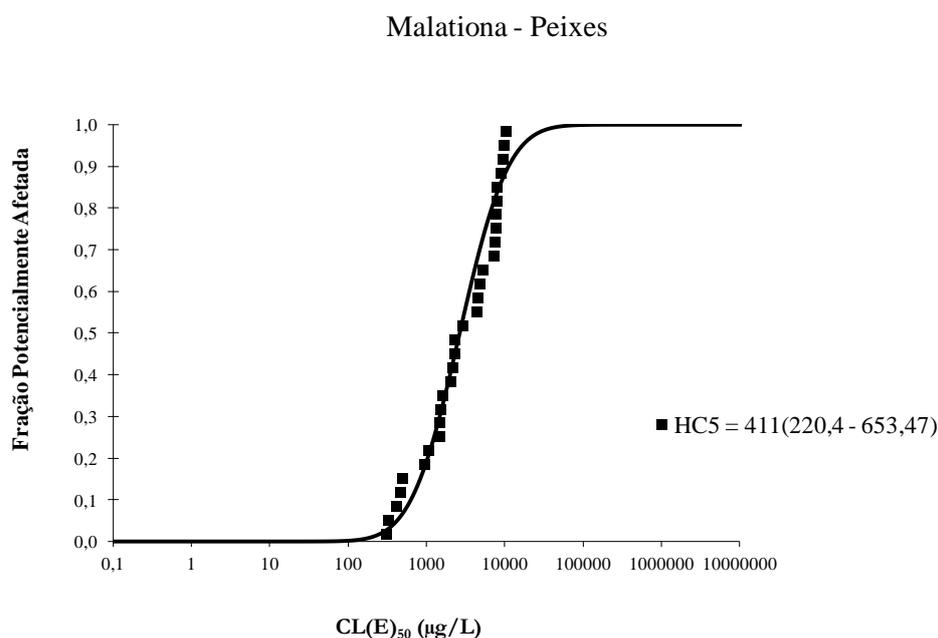


Figura 13. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para a malationa. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Malationa - Artrópodes

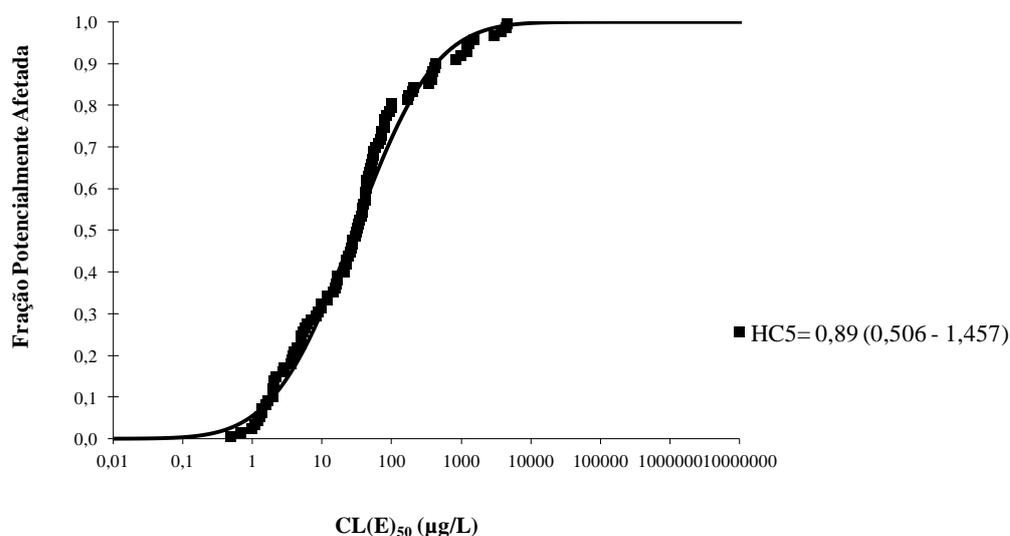


Figura 14. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para a malationa. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC_5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Parationa metílica

Observa-se para a parationa-metílica o mesmo que foi observado para a malationa. Como a toxicidade deste agrotóxico é relativamente baixa para os peixes quando comparada à toxicidade para os artrópodes, não houve ajuste de normalidade dos dados para a construção da curva com dados de ambos os grupos em conjunto. Assim, as curvas e o HC_5 foram estimadas separadamente, conforme mostram as figuras 15 e 16.

Embora a malationa e a parationa-metílica sejam organofosforados com igual modo de ação tóxica, a parationa-metílica se apresenta menos tóxica para os peixes que a malationa com um valor mediano de HC_5 de 1.324 $\mu\text{g/L}$, aproximadamente três vezes superior ao da malationa. Já para os artrópodes, a parationa-metílica é mais tóxica que a malationa, com um valor mediano de HC_5 de 0,297 $\mu\text{g/L}$, três vezes inferior ao da malationa.

Parationa Metílica - Peixes

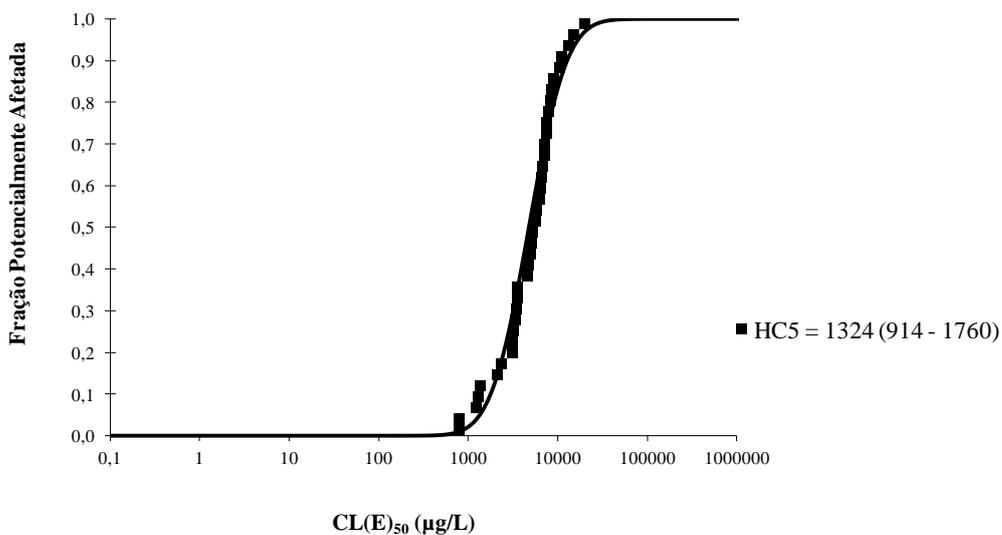


Figura 15. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para a parationa-metílica. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Parationa Metílica - Artrópodes

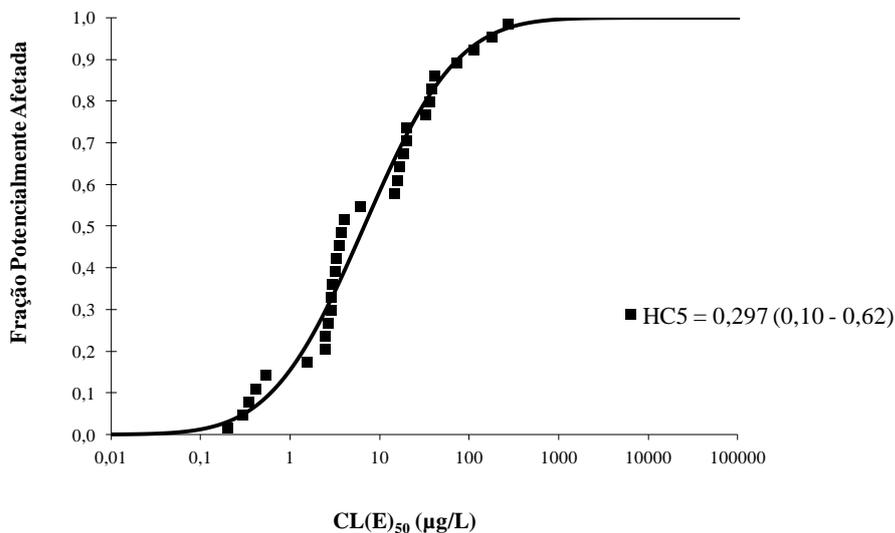


Figura 16. Distribuição de sensibilidade de espécies de artrópodes para a parationa metílica. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

3.1.2 Fungicidas

Mancozeb

Para a construção da curva e o cálculo do HC₅ foi necessário juntar os dados de peixes e de invertebrados, considerando que somente estavam disponíveis dados para o camarão *Americamysis bahia*, o cladóceros *Daphnia magna* e o ciliado *Tetrahymena pyriformis*, embora dados de Maltby *et al.* (2009) afirmem que os peixes são menos sensíveis aos carbamatos que os invertebrados. Entretanto, esses autores também afirmam que, embora os peixes se mostrem mais sensíveis aos carbamatos, a abordagem padrão a ser utilizada para a construção das curvas de DSE é a utilização de todos os grupos taxonômicos, em contraste com a abordagem proposta para inseticidas e herbicidas, onde no primeiro caso deve se utilizar prioritariamente os invertebrados e no segundo, os produtores primários. Desta forma, considerando conjuntamente os valores de CL₅₀ e CE₅₀ de peixes e invertebrados se obteve um valor mediano de HC₅ de 65,64 µg/L (Figura 17).

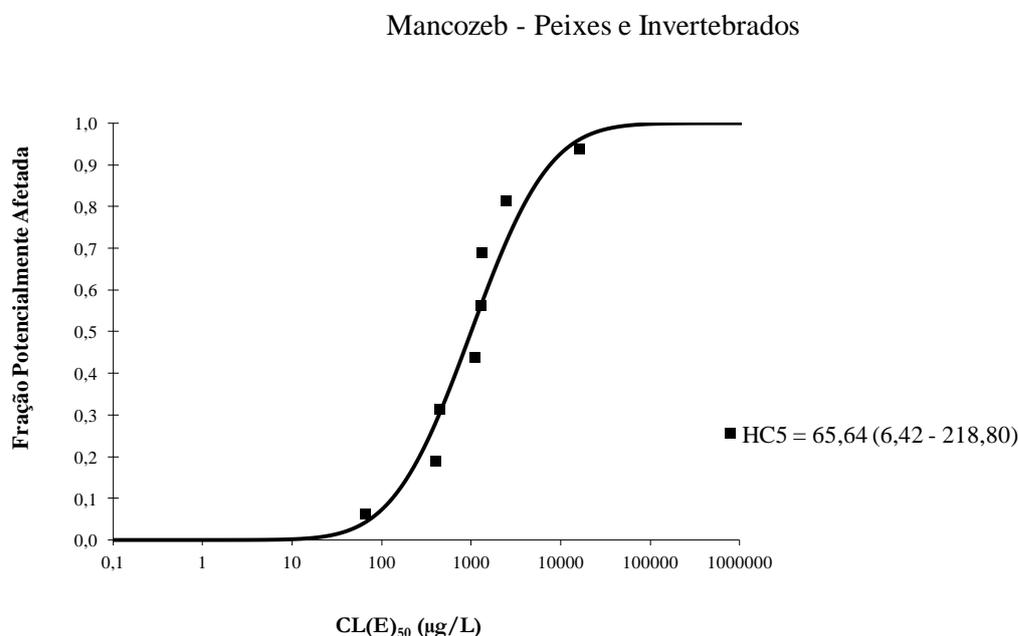


Figura 17. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes e invertebrados para o mancozeb. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

3.1.3 Herbicidas

Glifosato

No caso dos herbicidas, é recomendável realizar a construção das curvas de distribuição de sensibilidade de espécies de forma separada para os produtores primários (algas e macrófitas aquáticas) e para os animais (peixes e invertebrados), uma vez que os produtores primários são mais sensíveis aos herbicidas. O valor mediano de HC₅ obtido para os produtores primários foi de 512,51 µg/L, enquanto que o valor para os animais foi de 3.219,40 µg/L, demonstrando que os animais são, de forma geral, pouco sensíveis ao glifosato (Figuras 18 e 19).

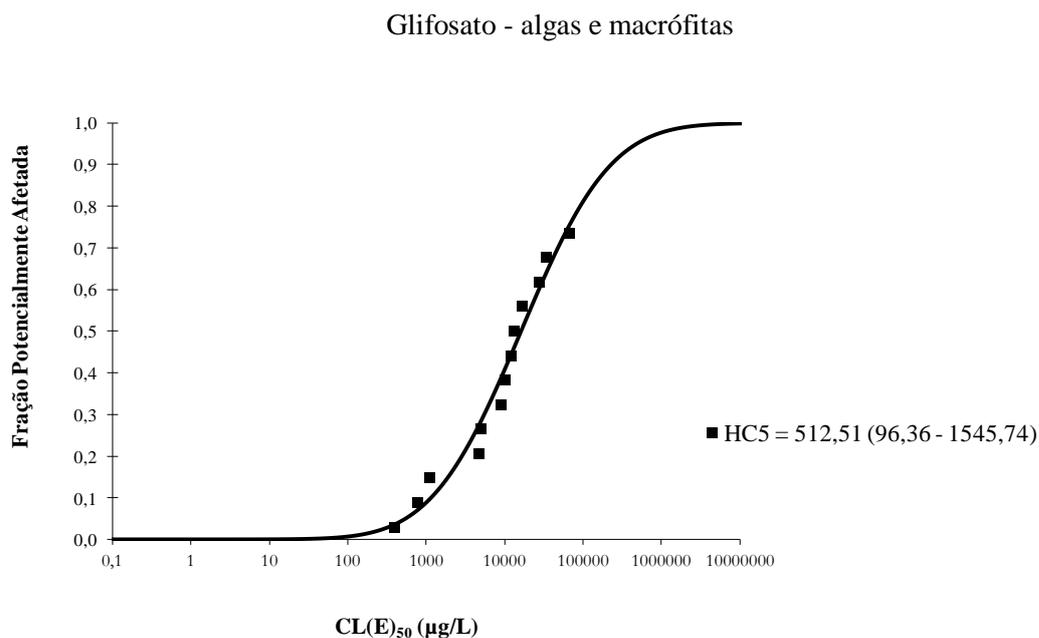


Figura 18. Distribuição de sensibilidade de espécies de algas e macrófitas aquáticas para o glifosato. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Glifosato - Peixes e invertebrado

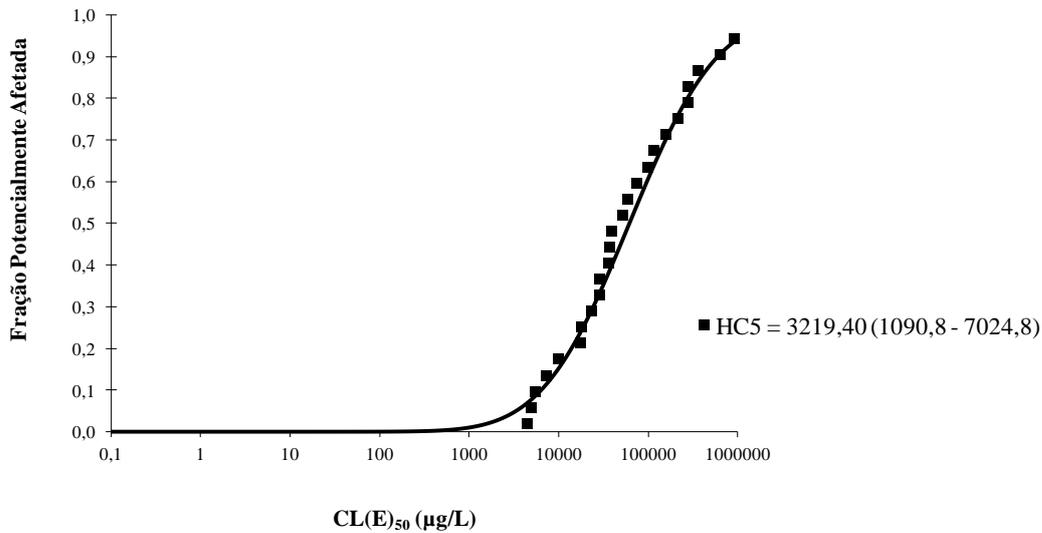


Figura 19. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes e invertebrados para o glifosato. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Paraquate

No caso do paraquate, o agrotóxico parece ter efeitos diferenciados nos diversos grupos taxonômicos avaliados. Os invertebrados se apresentaram extremamente sensíveis ao paraquate, embora seja um herbicida, enquanto que a toxicidade deste produto para os peixes pode ser considerada muito baixa (Figuras 21 e 22). Isto se reflete nos valores medianos de HC₅ para ambos os grupos, que foram de 0,03 µg/L e 3.235 µg/L, respectivamente. Os produtores primários (algas e macrófitas aquáticas) foram menos sensíveis ao paraquate que os invertebrados, com valor de HC₅ de 1,41 µg/L (Figura 20).

Paraquate - algas e macrófitas aquáticas

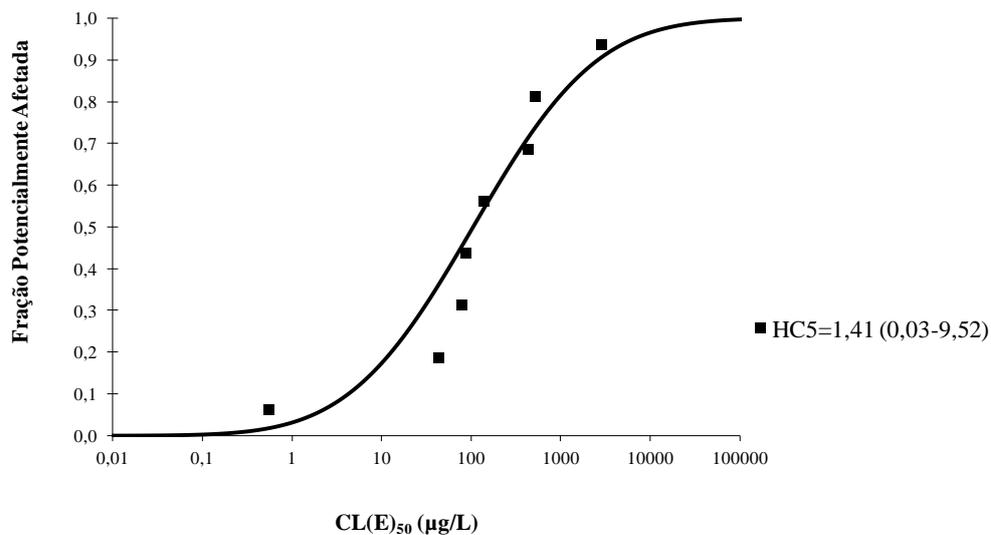


Figura 20. Distribuição de sensibilidade de espécies de algas e macrófitas aquáticas para o paraquate. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

Paraquate - Invertebrados

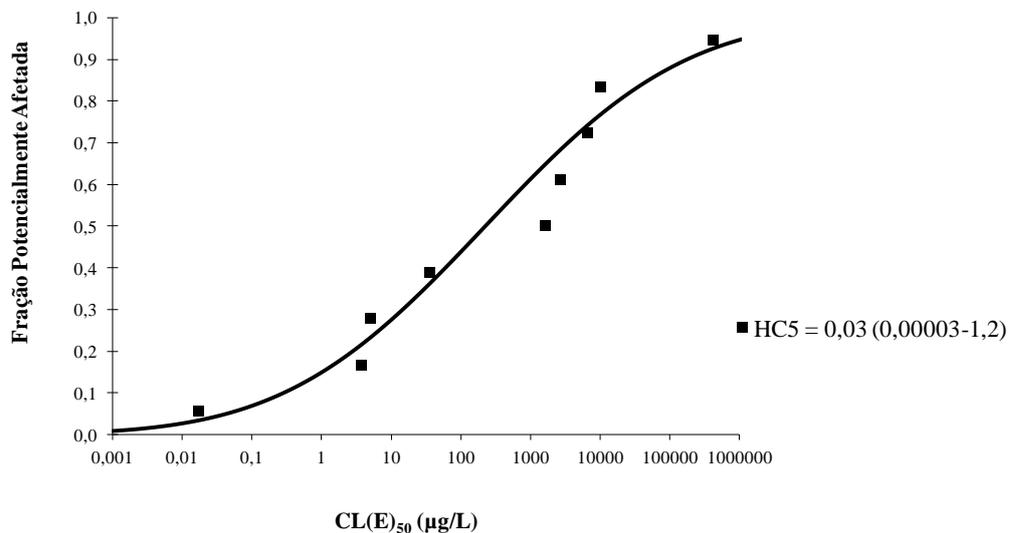


Figura 21. Distribuição de sensibilidade de espécies de invertebrados para o paraquate. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC₅) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

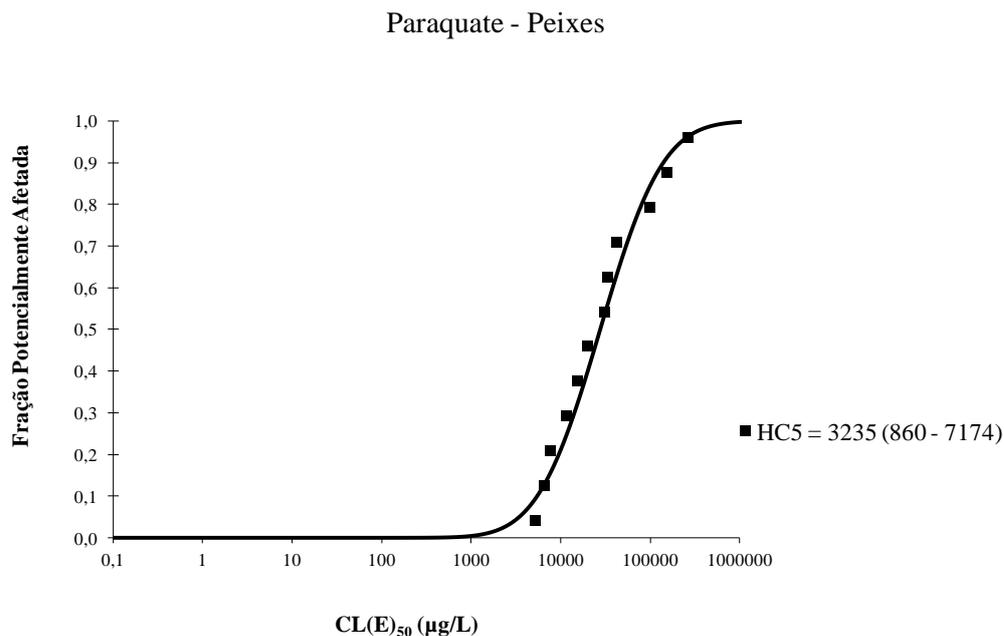


Figura 22. Distribuição de sensibilidade de espécies de peixes para o paraquate. A mediana da concentração perigosa para 5% das espécies (HC_5) é apresentada juntamente com o intervalo superior (5%) e inferior (95%) de confiança entre parênteses.

3.2 Cálculo dos valores máximos de agrotóxicos (padrões de qualidade da água)

Como mencionado, vários países utilizam o método da distribuição de sensibilidade de espécies para a determinação de padrões de qualidade da água (ANZECC & ARMCANZ, 2000; CCME 2007; EC, 2011). Este método faz uma extrapolação a partir de um conjunto de dados disponíveis, assumindo que esses dados são uma amostra aleatória das espécies do ecossistema aquático, para derivar critérios de qualidade da água destinados a proteger a maior parte das espécies em um ecossistema (POSTHUMA *et al.*, 2002). Portanto, esta abordagem se tornou o método preferido para estabelecer padrões de qualidade da água em vários países, como Canadá, Nova Zelândia e Austrália, bem como na comunidade europeia.

Para o cálculo do padrão de qualidade da água é escolhido o valor do limite inferior do intervalo de confiança (percentil de 5%) da HC_5 . Geralmente, este valor é considerado por ser

menor que o menor valor de efeito não observado (CENO). Como no presente estudo foram utilizados dados de exposição aguda (CL₅₀ e CE₅₀) um fator de avaliação ou segurança deve ser aplicado, dividindo o valor do limite inferior do intervalo de confiança por 5 (BROCK *et al.*, 2006; CCEM, 2007).

Utilizando os critérios acima explanados, os valores dos padrões de qualidade da água para os agrotóxicos aqui avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores máximos permitidos de agrotóxicos no ambiente aquático calculados utilizando a abordagem de distribuição de sensibilidade de espécies. HC₅ é a concentração de risco para 5% das espécies e que protege 95% das espécies; o percentil de 5% corresponde ao limite inferior de confiança (5%) do HC₅. O valor máximo foi calculado dividindo o percentil de 5% por um fator de segurança de 5.

Agrotóxico	HC₅ (µg/L)*	Percentil de 5% (µg/L)	Valor máximo permitido (µg/L)
<i>Inseticidas</i>			
Deltametrina	0,0008	0,0001	0,00002
Imidacloprido	1,130	0,130	0,026
Malationa	0,890	0,510	0,102
Parationa Metflica	0,297	0,100	0,02
<i>Fungicidas</i>			
Mancozebe	65,640	6,420	1,284
<i>Herbicidas</i>			
Glifosato	512,52	96,46	19,27
Paraquate**	0,03	0,00003	0,006

* HC₅ do grupo taxonômico mais sensível.

** Devido a grande variabilidade dos dados o valor máximo permitido foi calculado a partir do HC₅ e não do percentil de 5%, pois como este valor extremamente baixo, criaria um padrão irreal e impossível de se obter.

A Resolução CONAMA Nº 357/2005, que estabelece limites individuais para diversas substâncias para cada classe de água, somente traz valores para o inseticida malationa e para o herbicida glifosato. No caso das classes 1 e 2 destinadas, entre outros, à proteção das comunidades aquáticas, os valores limites estabelecidos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para as classes 1 e 2 de águas doces, destinadas à proteção das comunidades aquáticas.

Agrotóxico	Valores máximos (µg/L)
Glifosato	65,0
Malationa	0,1

Embora não se tenha clareza de como foram determinados os valores estabelecidos na Resolução CONAMA N° 357/2005, pois simplesmente é mencionado que foram utilizados testes toxicológicos, sem indicar quais espécies foram consideradas nem qual tipo de ensaio foi realizado, os valores não são tão divergentes dos determinados pelo método da curva de distribuição de sensibilidade de espécies. No caso do malationa, o valor determinado neste estudo coincide com o valor da resolução, mostrando que neste caso específico o valor da resolução protegeria a comunidade aquática. Já, no caso do glifosato, o valor da curva foi 5 vezes menor que o determinado na resolução, e, portanto, o valor determinado na Resolução CONAMA N° 357/2005 não seria tão protetivo quanto o determinado neste estudo.

No Brasil, provavelmente, os valores máximos são estabelecidos utilizando testes toxicológicos agudos e crônicos para peixes, cladóceros e algas, e um fator de segurança que pode variar dependendo do tipo de teste realizado e dos organismos testados. Usualmente, conforme Lepper (2002) os seguintes fatores são utilizados: 1000 quando dados de CL_{50} de peixe, cladóceros e alga são utilizados; 100 quando dados de CENO para peixe ou cladóceros são utilizados; 50 quando dados de CENO para dois grupos tróficos são utilizados (alga e/ou cladóceros e/ou peixes); e 10 quando dados de CENO para três espécies são utilizados (peixes, cladóceros e algas). Entretanto, apesar de ser de simples utilização, esta abordagem para a determinação de padrões de qualidade da água tem desvantagens quando comparada à utilização da curva de sensibilidade de espécies, como evidenciado por Xing *et al.* (2013). Entre as principais vantagens de utilizar a curva de sensibilidade de espécies estão a

possibilidade de avaliar quais grupos taxonômicos são mais sensíveis; o valor estimado possuir menor incerteza; a abordagem ser mais robusta, pois tem menos variabilidade; e, finalmente, a possibilidade de definir diferentes metas ou níveis de proteção que podem ser estabelecidos ou almejados para diferentes tipos de corpos de água, conforme sua finalidade, o que teria maior adequação com a finalidade da Resolução CONAMA Nº 357/2005, que é o enquadramento dos corpos d'água segundo seus usos preponderantes.

Pode se alegar que uma desvantagem de se utilizar a abordagem da curva de sensibilidade de espécies para determinar padrões de qualidade da água seja o volume de dados necessários para gerar as curva e calcular o HC₅. Neste sentido, vários estudos foram realizados de forma a tentar determinar qual seria o número mínimo de espécies que deveriam ser consideradas para a construção das curvas de sensibilidade de espécies, uma vez que o número de espécies utilizadas tem influencia no valor de HC₅ determinado (NEWMAN *et al*, 2000). O número que tem sido sugerido como suficiente varia de 15 a 55 espécies. Para os Estados Unidos é considerado que devem ser utilizados dados de toxicidade de pelo menos oito famílias pertencem a três filos (STEPHAN *et al.*, 1985). Já na Comunidade Europeia o número de espécies vai variar de acordo com o tipo de substância analisada. De forma geral devem ser utilizados pelo menos oito espécies diferentes para o grupo taxonômico mais sensível. No caso de herbicidas o grupo mais sensível compreende plantas vasculares, macrófitas e algas. No caso de inseticidas, os artrópodes são o grupo mais sensível, e pelo menos devem ser utilizadas cinco espécies de peixes. No caso de fungicidas, para os quais as espécies padrão tem mostrado sensibilidade semelhante, pelo menos 8 grupos taxonômicos diferentes devem ser utilizados (EC, 2011).

Outra questão a ser analisada, e que ainda suscita controvérsias, é a utilização de dados de espécies tropicais e temperadas indistintamente. De forma geral, poucos dados toxicológicos estão disponíveis para espécies da região tropical, e a construção de bases de

dados com espécies endêmicas para a posterior construção das curvas de distribuição de sensibilidade de espécies requereria tempo e um elevado investimento para a realização dos testes. Vários autores têm afirmado de que a extrapolação de dados de toxicidade de espécies das regiões temperadas para a realização de estudos e avaliação de risco e determinação de padrões de qualidade da água em regiões tropicais podem colocar em riscos estes últimos ecossistemas tropicais, uma vez que existem diferenças entre os ecossistemas temperados e tropicais em termos de condições ambientais e de espécies (CASTILLO *et al.*, 1997; LACHER & GOLDSTEIN, 1997; KWOK *et al.*, 2007; RÖMBKE *et al.*, 2008). Diferenças na temperatura da água, no pH e na concentração de oxigênio podem ter efeitos na toxicidade de uma determinada substância, como indicado por Palawski e Knowles (1986) estudando os efeitos dos agrotóxicos carbendazim e benomyl em duas espécies de peixes. Por outro lado os estudos de Daam *et al.*, 2008; Daam *et al.*, 2009a, Daam *et al.*, 2009b; Dyer *et al.*, 1997; Kwok *et al.*, 2007; e Maltby *et al.*, 2005, com espécies de água doce de diferentes regiões climáticas, não conseguiram demonstrar diferenças significativas na sensibilidade aos agrotóxicos entre as espécies temperadas e tropicais. Mais recentemente, os estudos de Rico *et al.* (2009; 2010) especificamente comparando a sensibilidade de espécies amazônicas e de espécies da região temperada, tampouco conseguiram mostrar a existência de diferenças significativas entre as espécies de ambas regiões para os agrotóxicos carbendazim, malationa e parationa-metílica.

É importante destacar também que os padrões de qualidade da água são desenvolvidos para contaminantes individuais, enquanto na natureza, os organismos podem estar expostos a múltiplas substâncias tóxicas simultaneamente. Neste caso, as misturas podem ser mais tóxicas (efeito aditivo) ou menos tóxicas (efeito supressivo) que a substância individual. Assim, se a mistura for menos tóxica, o padrão estabelecido ainda será protetivo, mas em caso da mistura ser mais tóxica que a substância individual, poderão acontecer efeitos inaceitáveis

nas concentrações estabelecidas pelo padrão de qualidade. Por isso é importante que não somente sejam determinados os padrões de qualidade da água, mas que as comunidades aquáticas sejam monitoradas de forma a assegurar que os padrões estabelecidos de fato protegem o ambiente e sua biodiversidade.

Analisando a Resolução CONAMA Nº 357/2005 fica evidente que somente foram definidos padrões máximos para agrotóxicos organoclorados, que na sua maioria tem atualmente seu uso proibido no Brasil. Entretanto, a legislação não estabelece valores máximos para a maior parte dos agrotóxicos atualmente em uso no país. Se os valores não estão definidos na legislação como proteger os ambientes aquáticos e sua biodiversidade?

Neste contexto, e considerando a importância da atividade agrícola no cenário econômico brasileiro, bem como o uso intensivo de agrotóxicos que tem colocado o Brasil numa posição de destaque, é imperativo que padrões de qualidade para os agrotóxicos registrados no Brasil sejam estabelecidos.

Considerando a disponibilidade de dados, esta tarefa não seria tão custosa, devendo-se focar esforços e recursos financeiros em realizar testes toxicológicos para aquelas substâncias para as quais poucos dados toxicológicos estão disponíveis ou que sejam da maior uso no Brasil.

Além disso, é necessário frisar que os dados ecotoxicológicos disponibilizados em bancos de dados e demais publicações precisam ser compilados de forma padronizada, mantendo a clareza e precisão das informações. Pois, no desenvolvimento desse trabalho, notou-se por diversas vezes que a aparente falta de dados para um determinado composto ocorre na realidade devido à divergência dos dados coletados, imprecisão das informações ou a falta delas, tornando trabalhosa ou muitas vezes impossível a obtenção de dados suficientes para corroborar com as análises de definição de padrões ambientais.

4 CONCLUSÃO

- O método da distribuição de sensibilidade de espécies se apresenta adequado, de fácil uso e econômico para o estabelecimento de padrões de qualidade da água no Brasil.
- Não é possível uma comparação extensiva dos valores máximos determinados na legislação utilizando uma abordagem distinta da aqui proposta, uma vez que somente estes valores estão estabelecidos para dois dos agrotóxicos avaliados.
- No caso da malationa, o valor determinado neste trabalho e o estabelecido na legislação foram o mesmo. Já para o glifosato, o valor estabelecido na legislação foi 5 vezes maior que o valor determinado neste trabalho, provavelmente pela diferença no critério toxicológico utilizado para realizar a avaliação e portanto, não protegeria a comunidade aquática.
- A Resolução CONAMA Nº 357/2005 estabelece valores máximos para um número reduzido de agrotóxicos, a maior parte deles sendo organoclorados, que já estão banidos no Brasil, enquanto que para a maior parte das substâncias hoje em uso, estes valores não foram determinados.
- A falta de determinação destes valores máximos leva à situação de inexistência de um marco legal definido para a proteção da biodiversidade aquática, tornando-a vulnerável e em risco, perante o avanço das atividades agrícolas e o grande incremento de uso de agrotóxicos no país.
- Considerando que o Brasil é o maior detentor de biodiversidade do planeta, e que atualmente é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo é imperativo que padrões de qualidade da água para os agrotóxicos registrados no país sejam estabelecidos, de forma a proteger a biodiversidade aquática.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713: Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade Aguda- Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustácea). 17 p., 2003.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13373: Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade Crônica- Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp. (Cladocera, Crustácea). 18 p., 2010.

ALDENBERG, T.; JAWORSKA, J. S. Uncertainty of the Hazardous Concentration and Fraction Affected for Normal Species Sensitivity Distributions. *Ecotox. and Environ. Saf.* v. 46, p. 1-18. 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Índices Monográficos. Disponível em:
<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia/Assuntos+de+Interesse/Monografias+de+Agrotoxicos/Monografias>>. Acesso em: 23 de março de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Nota Técnica: Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo da Parationa-metílico*. Disponível em:
<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/03f1108049e63087b45ab66dcdbd9c63c/Paration+Metilico.pdf?MOD=AJPERES>>. Acessado em: 23 de março de 2013.

ANZECC – Agriculture and Resources Management Council of Australia and New Zeland;
ARMCANZ – Australian and New Zeland Enviroment and Conservation Council, Former. 2000. *Australian and New Zealand guildlines for fresh and marine water quality*. National Water Quality ManagementStrategy Paper No 4.

ALDENBERG, T.; JAWORSKA, J. S.; TRAAS, T. P. Normal species sensitivity distributions and probabilistic ecological risk assessment. in: Posthuma, L., *et al.*, Eds., *Species sensitivity distributions in ecotoxicology*. CRC/ Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 49-102. 2002.

BRAGUINI, L.W. Efeitos da deltametrina e do glifosato, sobre parâmetros do metabolismo energético mitocondrial, sobre membranas artificiais e naturais e experimentos in vivo. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2005.

BROCK T, C. M.; ARTS G. H. P.; MALTBY, L.; VAN DEN BRINK, P. J. Aquatic risks of pesticides, ecological protection goals, and common aims in European Union legislation. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 2, p. 20-46. 2006.

CAMPBELL, P. J.; ARNOLD, D. J. S.; BROCK, T. C. M.; GRANDY, N. J.; HEGER, W.; HEIMBACH, F.; MAUND, S. J.; STRELOKE, M. Guidance document on higher-tier aquatic risk assessment for pesticides (HARAP). Brussels (BE): SETAC-Europe. 179 p. 1999.

CAMPOS, P. S. *Destino Ambiental dos Agrotóxicos e Avaliação de risco ambiental e Humano nos Municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea, no Estado do Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 78 p., 2009.

CARSON, R. L. *Silent Spring*, Riverside Press, Cambridge, MA, USA. 1962.

CCME. A protocol for the derivation of water quality guidelines for the protection of aquatic life. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.

CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; RIZOLLO, A.; MULLER, N. M.; ALEXANDRE, V. P.; FRIEDRICH, K.; MELLO, M. S. C. Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. ABRASCO, Rio de Janeiro. 1ª Parte. 98p. 2012.

CASTILLO, L. E.; DE LA CRUZ, E.; RUEPERT, C. Ecotoxicology and pesticides in tropical aquatic ecosystems of Central America. *Environ Toxicol Chem*, 1997, 16: p.41–51.

DAAM, M. A.; CRUM, S. J. H.; VAN DEN BRINK, P. J.; NOGUEIRA, A. J. A. Fate and effects of the insecticide chlorpyrifos in outdoor plankton-dominated microcosms in Thailand. *Environ Toxicol Chem*, v. 27, p. 2530–2538, 2008.

DAAM, M. A.; SATAPORNVANIT, K.; VAN DEN BRINK, P. J.; NOGUEIRA, A. J. A. Sensitivity of macroinvertebrates to carbendazim under semi-field conditions in Thailand: implications for the use of temperate toxicity data in a tropical risk assessment of fungicides. *Chemosphere*, v. 74, p.1187–1194, 2009a.

DAAM, M. A.; VAN DEN BRINK, P. J.; NOGUEIRA, A. J. A. Comparison of fate and ecological effects of the herbicide linuron in freshwater model ecosystems between tropical and temperate regions. *Ecotoxicol Environ Saf*, v. 72, n. 2, p.424–433, 2009b.

DAAM, M. A.; VAN DEN BRINK, P. J. Implications of differences between temperate and tropical freshwater ecosystems for the ecological risk assessment of pesticides. *Ecotoxicology* v. 19, p. 24-37, 2010.

DYER, S. D.; BELANGER, S. E.; CARR, G. J. An initial evaluation of the use of Euro/North American fish species for tropical effects assessments. *Chemosphere*, v. 35, p. 2767–2781, 1997.

EC - European Commission Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document no. 27. Technical guidance for deriving environmental quality standards. Technical Report 2011–055. 2011

GRIZA, F. T.; ORTIZ, K. S.; GEREMIAS, D. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha-Rio Grande do Sul. *Quim. Nova*, v. 31, n. 7, p. 1631-1635. 2008.

KWOK, K. W. H.; LEUNG, K. M. Y.; CHU, V. K. H.; LAM, P. K. S.; MORRITT, D.; MALTBY, L.; BROCK, T. C. M.; BRINK, P. J.; WARNE, M. St. J.; CRANE, M. Comparison of tropical and temperate freshwater species sensitivities to chemicals:

implications for deriving safe extrapolation factors. *Integr Environ Assess Manag.* 2007;3:49–67. doi: 10.1002/ieam.5630030105.

LACHER, T. E. Jr; GOLDSTEIN M. I. Tropical ecotoxicology: status and needs. *Environ Toxicol Chem* 16: p. 100–111. 1997.

LEPPER, P. Toward the derivation of quality standards for priority substances in the context of the Water Framework Directive. Identification of quality standards for priority substances in the field of water policy. Final Report. Report no. B4– 3040/2000/30637/MAR/E1. Schmittgen (DE): Fraunhofer Institute. Molecular Biology and Applied Ecology Department. 149 pp. 2002.

MALTBY, L.; BLAKE, N.; BROCK, T. C. M.; VAN DEN BRINK, P. J. Insecticide species sensitivity distributions: the importance of test species selection and relevance to aquatic ecosystems. *Environ Toxicol Chem* 24:379–388, 2005.

MALTBY, L.; BROCK, T. C. M.; VAN DEN BRINK, P.J. Fungicide risk assessment for aquatic ecosystems: Importance of interspecific variation, toxic mode of action and exposure regime. *Environmental Science and Technology*, v. 43, p. 7556-7563, 2009.

MOURA, E. E. S. DE. *Determinação da toxicidade aguda e caracterização de risco ambiental do herbicida Roundup (glifosato) sobre três espécies de peixes*. 45f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Biológicas, Natal, Rio Grande do Norte. 2009.

NEWMAN, M. C.; OWNBY, D. R.; MEZIN, L. C. A.; POWELL, D. C. Applying species sensitivity distributions in ecological risk assessment: assumptions of distribution type and sufficient number of species. *Environ Toxicol Chem*, v. 19, n. 2, p. 508–515, 2000.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Agricultural Outlook 2010-2019. Disponível em: <<http://www.agri-outlook.org/dataoecd/13/13/45438527.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012

PALWSKI, D. U.; KNOWLES, C. O. Toxicological studies of benomyl and carbendazim in rainbow trout, channel catfish and bluegills. *Environ Toxicol Chem*. 5(12): p. 1039-1046, 1986.

PERES, C. A.; SCHNEIDER, M. Subsidized agricultural resettlements as drivers of tropical deforestation. *Biol Conserv*, v. 151, p.65–68, 2012.

PORTO, M. F; SOARES, W. L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. *Rev. bras. Saúde ocup.*, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 17-50, 2012.

POSTHUMA, L.; SUTER, G. W. II; TRAAS, T. P. *Species sensitivity distributions in ecotoxicology*. Lewis Publishers, Boca Raton. 587 p. 2002

RICO, A. ; GEBER-CORRÊA, R. ; CAMPOS, P. S. ; Garcia, M. V. B. ; WAICHMAN, A. V.; VAN DEN BRINK, P. J. Effect of parathion-methyl on Amazonian fish and freshwater

invertebrates: a comparison of sensitivity with temperate data. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 58, p. 765-771, 2010.

RICO, A. ; GEBER-CORRÊA, R.; WAICHMAN, A. V.; VAN DEN BRINK, P. J. Effects of malathion and carbendazim on Amazonian freshwater organisms: comparison of tropical and temperate species sensitivity distributions. *Ecotoxicology*, 20: p. 625-634, 2011.

RÖMBKE, J.; WAICHMAN A. V.; GARCIA, M. V. B. Risk assessment of pesticides for soils of the Central Amazon, Brazil: comparing outcomes with temperate and tropical data. *Integr Environ Assess Manage* 4(1):94–104, 2008.

SANTOS, M. A. T. dos; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides – uma visão geral. *Alim. Nutr.* v.18, n.3, p. 339-349, 2007.

SINDAG. Sindicato Nacional das Indústrias de Defensivos Agrícolas. *Vendas de defensivos agrícolas são recordes e vão a US\$ 8,5 bi em 2011*. Disponível em: http://www.sindag.com.br/noticia.php?News_ID=2256, acessado em: 22/04/2012

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. S. Estimating the social cost of pesticide use: an assessment from acute poisoning in Brazil. *Ecological Economics*, v. 68, n. 10, p. 2721-2728, Aug. 2009.

SOLOMON, K. R.; GIDDINGS, J. M.; MAUND, S. J. Probabilistic risk assessment of cotton pyrethroids: I. Distributional analyses of laboratory aquatic toxicity data. *Environ Toxicol Chem*, v. 20, p. 652– 659, 2001.

STEPHAN, C. E.; MOUNT, D. I.; HANSEN, D. J.; GENTILE, J. H.; CHAPMAN, G. A.; BRUNGS, W. A. Guidelines for deriving numerical national water quality criteria for the protection of aquatic organisms and their uses. PB85- 227049. National Technical Information Service, Springfield. 1985

SUTER II, G. W. North American history of species sensitivity distributions. In: Posthuma L., Traas T.P., Suter G.W. (eds) *The use of species sensitivity distributions in ecotoxicology*. Lewis, Boca Raton, FL. Pp: 11-18. 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME/FOOD AND AGRICULTURE

ORGANIZATION (UNEP/FAO). *Inclusion of chemicals in Annex III of the Rotterdam Convention: review of notifications of final regulatory actions to ban or severely restrict a chemical: methyl parathion*. FAO /RC/CRC.1/19/Add.4. Item 7(f) of the provisional agenda. Geneva, 11–18 February 2005. Disponível em: <http://www.pic.int/incs/crc1/s19add4/English/CRC%2019Add4%20methyl%20parathion%20EC.pdf> . Acesso em: fevereiro de 2013.

VAN STRAALLEN, N. M.; VAN LEEUWEN, C. J. European history of species sensitivity distributions. In: Posthuma L., Traas T. P., Suter G. W. (eds) *The use of species sensitivity distributions in ecotoxicology*. Lewis, Boca Raton, FL. Pp: 19-35. 2002.

VAN VLAARDINGEN, P.; TRAAS, T. P.; WINTERSEN, A. M.; ALDENBERG, T. ETX 2.0. A program to calculate hazardous concentrations and fraction affected, based on normally distributed toxicity data. RIVM Report N° 601501028/2004, Bilthoven, The Netherlands , 2004.

WAICHMAN, A. V. et al. Pesticide use in the Amazon State, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 9, n. 6. p. 423-428, 2002.

WAICHMAN A. V.; EVE E.; NINA N. C. S. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. *Crop Prot* 26(4): p. 576–583, 2007.

WAICHMAN, A.V. Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*. 38: p. 45 – 50, 2008.

WHEELER, J. R.; GRIST, E. P. M.; LEUNG, K. M. Y.; MORRITT, D.; CRANE M. Species sensitivity distributions: data and model choice. *Marine Pollut Bull*, v.45, p.192–202, 2002.

XING, L.; LIU, H.; ZHANG, X.; HECKER, M.; GIESY, J. P.; YU, H. A comparison of statistical methods for deriving freshwater quality criteria for the protection of aquatic organisms. *Environ Sci Pollut Res*, in press, DOI 10.1007/s11356-013-1462-y. 2013

7 ANEXOS

Anexo A. Relação de dados utilizados para cálculo de DSEs para cada agrotóxico descrito neste trabalho.

DELTAMETRINA		
Espécie	CL ₅₀ (µgl)	Fonte
Artrópodes		
<i>Aedes polynesiensis</i>	4,9375	ECOTOX database
<i>Americamysis bahia</i>	0,0024	ECOTOX database
<i>Anisops sardeus</i>	0,012	ECOTOX database
<i>Caenis miliaria</i>	0,0091	ECOTOX database
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	0,84	ECOTOX database
<i>Cloeon dipterum</i>	0,005	ECOTOX database
<i>Cordulia aenea</i>	0,76	ECOTOX database
<i>Crangon septemspinosa</i>	0,03635	ECOTOX database
<i>Culex fuscocephala</i>	0,063	ECOTOX database
<i>Culex pipiens ssp. pallens</i>	0,19	ECOTOX database
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	1,087714286	ECOTOX database
<i>Daphnia magna</i>	0,13	ECOTOX database
<i>Eohaustorius estuarius</i>	0,00243	ECOTOX database
<i>Gammarus fossarum</i>	0,004	ECOTOX database
<i>Gammarus pulex</i>	0,0057	ECOTOX database
<i>Homarus americanus</i>	0,0104	ECOTOX database
<i>Lestes sponsa</i>	0,0145	ECOTOX database
<i>Macrobrachium lar</i>	0,05	ECOTOX database
<i>Paratya australiensis</i>	0,0446	ECOTOX database
<i>Procambarus clarkii</i>	0,176	ECOTOX database
<i>Streptocephalus sudanicus</i>	0,018	ECOTOX database
<i>Thermocyclops oblongatus</i>	21	ECOTOX database
<i>Tisbe battagliai</i>	15,1	ECOTOX database
<i>Toxorhynchites splendens</i>	1,17	ECOTOX database
Peixes		
<i>Channa punctata</i>	0,754	ECOTOX database
<i>Clarias gariepinus</i>	8	ECOTOX database
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	96	ECOTOX database
<i>Cyprinodon variegatus</i>	0,4775	ECOTOX database
<i>Cyprinus carpio</i>	2,451	ECOTOX database
<i>Cyprinus carpio ssp. communis</i>	1659,42	ECOTOX database
<i>Danio rerio</i>	0,493	ECOTOX database

<i>Gibelion catla</i>	4,84	ECOTOX database
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	1620	ECOTOX database
<i>Heteropneustes fossilis</i>	2,3	ECOTOX database
<i>Labeo rohita</i>	1000	ECOTOX database
<i>Lepomis macrochirus</i>	0,905	ECOTOX database
<i>Macropodus cupanus</i>	51	ECOTOX database
<i>Melanotaenia duboulayi</i>	0,1986	ECOTOX database
<i>Oreochromis mossambicus</i>	0,8	ECOTOX database
<i>Oreochromis niloticus</i>	5,68	ECOTOX database
<i>Puntius sophore</i>	14,205	ECOTOX database

MALATIONA

Espécie	CL ₅₀ (µg/l)	Fonte
Artrópodes		
<i>Aedes aegypti</i>	84,7	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes albopictus</i>	379	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes atropalpus</i>	172	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes cantans</i>	48,8	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes caspius</i>	4430	ECOTOX database
<i>Aedes communis</i>	38,2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes excrucians</i>	30,3	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes hendersoni</i>	66	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes polynesiensis</i>	4,5	ECOTOX database
<i>Aedes punctor</i>	44,1	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes sticticus</i>	15,5	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes triseriatus</i>	43	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes trivittatus</i>	32,2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Aedes vexans</i>	26,1	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Alonella sp</i>	2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Americamysis bahia</i>	5,1	ECOTOX database
<i>Anisops sardeus</i>	42,2	ECOTOX database
<i>Anopheles albimanus</i>	350	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles coustani</i>	200	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles freeborni</i>	79	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles gambiae</i>	51,8	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles pseudopunctipennis</i>	5,8	ECOTOX database
<i>Anopheles quadrimaculatus</i>	69	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles sp.</i>	1237	ECOTOX database
<i>Anopheles stephensi</i>	26,8	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Arctopsyche grandis</i>	32	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Asellus brevicaudus</i>	3000	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Atherix variegata</i>	385	Maltby <i>et al.</i> (2005)

<i>Barytelphusa cunicularis</i>	3780	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Buenoa unguis</i>	2,1	Rico et al (2010)
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	1,6	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus crassicaudatus</i>	56	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus decorus</i>	40,2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus plumosus</i>	96,1	ECOTOX database
<i>Chironomus riparius</i>	42,6	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus sp</i>	9,8	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus tentans</i>	6,2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus tepperi</i>	8,4	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus utahensis</i>	3,9	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Claassenia sabulosa</i>	2,8	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Cloeon sp.</i>	5,5	ECOTOX database
<i>Cricotopus sp</i>	39,1	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culex fatigans</i>	1227,4	ECOTOX database
<i>Culex fuscocephala</i>	44,4	ECOTOX database
<i>Culex pipiens</i>	34	ECOTOX database
<i>Culex pipiens ssp. molestus</i>	4680	ECOTOX database
<i>Culex pipiens ssp. pallens</i>	71,6	ECOTOX database
<i>Culex pipiens ssp. quinquefasciata</i>	43,6	ECOTOX database
<i>Culex quinquefasciatus</i>	72	ECOTOX database
<i>Culex sp</i>	210	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culex tarsalis</i>	10	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	21	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culiseta annulata</i>	24,5	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culiseta longiareolata</i>	17	ECOTOX database
<i>Cyclops viridis</i>	1300	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Cypria sp</i>	2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Cypridopsis vidua</i>	47	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Daphnia carinata</i>	100	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Daphnia magna</i>	1,4	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Daphnia pulex</i>	1,2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Diaptomus sp</i>	2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Dicrotendipes californicus</i>	80	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Drunella grandis</i>	100	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Eretes sticticus</i>	430	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Eucyclops sp</i>	1	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Gammarus fasciatus</i>	0,5	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Gammarus lacustris</i>	1,7	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Gammarus pulex</i>	2,1	ECOTOX database
<i>Glyptotendipes paripes</i>	4	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Goeldichironomus holoprasinus</i>	28	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Hesperoperla pacifica</i>	7	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Homarus americanus</i>	3,7	ECOTOX database

<i>Hydrophilus sp.</i>	34,5	Rico et al (2010)
<i>Hydropsyche californica</i>	22,5	Maltby et al.. (2005)
<i>Hydropsyche sp</i>	5	Maltby et al.. (2005)
<i>Isoperla sp</i>	0,7	Maltby et al.. (2005)
<i>Lestes congener</i>	54,8	Maltby et al.. (2005)
<i>Limnephilus sp</i>	1,3	Maltby et al.. (2005)
<i>Litopenaeus vannamei</i>	21,5	ECOTOX database
<i>Macrobrachium ferreirai</i>	398,3	Rico et al (2010)
<i>Macrobrachium lar</i>	851	ECOTOX database
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	22	ECOTOX database
<i>Moina macrocopa</i>	5	Maltby et al.. (2005)
<i>Neomysis mercedis</i>	2,2	ECOTOX database
<i>Notonecta undulata</i>	80	Maltby et al.. (2005)
<i>Orconectes nais</i>	180	Maltby et al.. (2005)
<i>Palaemonetes kadiakensis</i>	12	Maltby et al.. (2005)
<i>Palaemonetes pugio</i>	8,9	ECOTOX database
<i>Palustra laboulbeni</i>	425,7	Rico et al (2010)
<i>Paratya compressa ssp. improvisa</i>	3,6	ECOTOX database
<i>Peltodytes sp</i>	1000	Maltby et al.. (2005)
<i>Penaeus duorarum</i>	12	ECOTOX database
<i>Penaeus indicus</i>	17	ECOTOX database
<i>Procambarus clarkii</i>	1545	ECOTOX database
<i>Procladius sp</i>	14,7	ECOTOX database
<i>Pteronarcella badia</i>	1,1	ECOTOX database
<i>Pteronarcys californica</i>	22,4	ECOTOX database
<i>Simocephalus serrulatus</i>	1,4	ECOTOX database
<i>Simocephalus vetulus</i>	2,9	ECOTOX database
<i>Simulium vittatum</i>	54,2	ECOTOX database
<i>Tanytarsus sp</i>	37,5	Maltby et al.. (2005)
<i>Toxorhynchites splendens</i>	49,8	Maltby et al.. (2005)
<i>Uca marionis</i>	60	ECOTOX database
Peixes		
<i>Aplocheilus lineatus</i>	975	Maltby et al.. (2005)
<i>Barbus sophore</i>	1650	Maltby et al.. (2005)
<i>Barilius vagra</i>	7390	Maltby et al.. (2005)
<i>Brachydanio rerio</i>	332	Maltby et al.. (2005)
<i>Carassius auratus</i>	5284,6	Maltby et al.. (2005)
<i>Channa orientalis</i>	4407,5	Maltby et al.. (2005)
<i>Channa punctatus</i>	2314,5	Maltby et al.. (2005)
<i>Channa striata</i>	8000	Maltby et al.. (2005)
<i>Cirrhinus mrigala</i>	2179,3	Maltby et al.. (2005)
<i>Colossoma macropomum</i>	1506,8	Rico et al (2011)
<i>Cyprinion watsoni</i>	7930	ECOTOX database
<i>Cyprinus carpio</i>	2927,6	Maltby et al.. (2005)

<i>Gambusia affinis</i>	2335	ECOTOX database
<i>Gila elegans</i>	1530	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Heteropneustes fossilis</i>	10574,1	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Hyphessobrycon erythrostigma</i>	252,1	Rico et al (2011)
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1500	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Ictalurus furcatus</i>	10050	ECOTOX database
<i>Jordanella floridae</i>	312,6	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepidocephalichthys thermalis</i>	7750	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepomis cyanellus</i>	505,5	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepomis gibbosus</i>	480	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Leucaspilus delineatus</i>	7640	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Macropodus cupanus</i>	4594	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Melanotaenia fluviatilis</i>	2090	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Mystus tengara</i>	8000	ECOTOX database
<i>Nannostomus unifasciatus</i>	110,6	Rico et al (2011)
<i>Nothobranchius guentheri</i>	4900	ECOTOX database
<i>Oncorhynchus clarki</i>	418,1	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Oryzias latipes</i>	9700	ECOTOX database
<i>Otocinclus affinis</i>	1067,3	Rico et al (2011)
<i>Paracheirodon axelrodi</i>	247	Rico et al (2011)
<i>Ptychocheilus lucius</i>	9140	Maltby <i>et al.</i> (2005)

Parationa-Metilica

Espécie	CL ₅₀ (µgl)	Fonte
Artrópodes		
<i>Americamysis bahia</i>	0,35	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles freeborni</i>	6,2	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Buenoa unguis</i>	0,3	Rico et al (2010)
<i>Buenoa unguis</i>	0,3	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	3,0	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus riparius</i>	1,6	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Chironomus utahensis</i>	180,0	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Cricotopus SP</i>	273,9	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culex pipiens</i>	3,3	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culex quinquefasciatus</i>	3,6	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	0,5	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Daphnia laevis</i>	20	ECOTOX database
<i>Daphnia magna</i>	0,4	Maltby et al.. (2005)
<i>Echinogammarus tibaldii</i>	4,1	Maltby et al.. (2005)
<i>Gammarus fasciatus</i>	3,8	Maltby et al.. (2005)
<i>Gammarus fossarum</i>	2,52	ECOTOX database
<i>Gammarus italicus</i>	2,9	ECOTOX database

<i>Gammarus pulex</i>	3,21	ECOTOX database
<i>Hexagenia sp.</i>	17	ECOTOX database
<i>Hyalella azteca</i>	2,9	ECOTOX database
<i>Hydrophilus sp.</i>	41,4	Rico et al (2010)
<i>Hydrophilus sp.</i>	41,4	Maltby et al.. (2005)
<i>Ischnura verticalis</i>	33,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Litopenaeus stylirostris</i>	38,14	ECOTOX database
<i>Macrobrachium ferreirai</i>	73,1	Rico et al (2010)
<i>Macrobrachium ferreirai</i>	73,1	Maltby et al.. (2005)
<i>Metapenaeus monoceros</i>	113,8	ECOTOX database
<i>Neomysis mercedis</i>	0,2	ECOTOX database
<i>Orconectes nais</i>	15,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Palaemonetes kadiakensis</i>	2,5	ECOTOX database
<i>Palustra laboulbeni</i>	319,2	Rico et al (2010)
<i>Procambarus acutus</i>	2,7	Maltby et al.. (2005)
<i>Procambarus clarkii</i>	18,8	Maltby et al.. (2005)
<i>Procladius sp</i>	16,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Tanytarsus sp</i>	20,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Thamnocephalus platyurus</i>	36,337	ECOTOX database
Peixes		
<i>Anguilla anguilla</i>	8344,3	Maltby et al.. (2005)
<i>Betta splendens</i>	800,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Carassius auratus</i>	5332,9	Maltby et al.. (2005)
<i>Catla catla</i>	3160,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Channa orientalis</i>	1372,6	Maltby et al.. (2005)
<i>Channa punctatus</i>	2150,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Channa striata</i>	10470,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Clarias batrachus</i>	20000,0	Maltby et al.. (2005)
<i>Colossoma macropomum</i>	4983,0	Rico et al (2010)
<i>Colossoma macropomum</i>	2910	Rico et al (2010)
<i>Corydoras pygmaeus</i>	4092,8	Rico et al (2010)
<i>Cyprinodon variegatus</i>	3400	ECOTOX database
<i>Cyprinus carpio</i>	6815,391893	Maltby et al.. (2005)
<i>Cyprinus carpio ssp. communis</i>	2360	ECOTOX database
<i>Dircrossus filamentosus</i>	2900,0	Rico et al (2010)
<i>Fundulus diaphanus</i>	15200	Maltby et al.. (2005)
<i>Gambusia affinis</i>	13440	ECOTOX database
<i>Gibelion catla</i>	6500	ECOTOX database
<i>Heteropneustes fossilis</i>	7483,314774	Maltby et al.. (2005)
<i>Hyphessobrycon erythrostigma</i>	7269,5	Rico et al (2010)
<i>Hypseleotris galii</i>	1300	Maltby et al.. (2005)
<i>Ictalurus melas</i>	6640	Maltby et al.. (2005)
<i>Ictalurus punctatus</i>	7279,197436	Maltby et al.. (2005)
<i>Labeo rohita</i>	6340	Maltby et al.. (2005)

<i>Lepidocephalichthys guntea</i>	8000	ECOTOX database
<i>Lepidocephalichthys guntea</i>	5131,861261	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepomis cyanellus</i>	3600	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepomis cyanellus</i>	4969,507018	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepomis gibbosus</i>	3600	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Lepomis microlophus</i>	5700	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Macropodus cupanus</i>	9100	ECOTOX database
<i>Micropterus salmoides</i>	8548,684109	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Morone saxatilis</i>	790	ECOTOX database
<i>Mystus cavasius</i>	5900	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Nannostomus unifasciatus</i>	5384,8	Rico et al (2010)
<i>Oncorhynchus clarki</i>	3131,293662	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	3218,695388	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Oreochromis niloticus</i>	3500	ECOTOX database
<i>Oryzias latipes</i>	11200	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Otocinclus affinis</i>	6829	Rico et al (2010)
<i>Paracheirodon axelrodi</i>	6091,1	Rico et al (2010)
<i>Perca flavescens</i>	1249,239769	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	4050	Rico et al (2010)
<i>Pimephales promelas</i>	7124,296134	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Rhamdia quelen</i>	4800	ECOTOX database
<i>Salvelinus namaycush</i>	7529,940239	Maltby <i>et al.</i> (2005)
<i>Zacco platypus</i>	4600	ECOTOX database

IMIDACLOPRIDO

Espécie	CL ₅₀ (µgl)	Fonte
Artrópodes		
<i>Aedes aegypti</i>	44,5	ECOTOX database
<i>Aedes albopictus</i>	560	ECOTOX database
<i>Aedes taeniorhynchus</i>	13	ECOTOX database
<i>Americamysis bahia</i>	98,5	ECOTOX database
<i>Artemia sp.</i>	361230	ECOTOX database
<i>Asellus aquaticus</i>	8500	ECOTOX database
<i>Baetis rhodani</i>	8,49	ECOTOX database
<i>Callinectes sapidus</i>	562,86	ECOTOX database
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	571,62	ECOTOX database
<i>Ceriodaphnia reticulada</i>	5552,9	ECOTOX database
<i>Chironomus tentans</i>	5,575	ECOTOX database
<i>Culex quinquefasciatus</i>	235	ECOTOX database
<i>Cypretta seurati</i>	301	ECOTOX database
<i>Daphnia magna</i>	30891	ECOTOX database
<i>Daphnia pulex</i>	36872	ECOTOX database

<i>Epeorus longimanus</i>	0,65	ECOTOX database
<i>Gammarus fossarum</i>	71	ECOTOX database
<i>Gammarus pulex</i>	3857	ECOTOX database
<i>Hyalella azteca</i>	41,435	ECOTOX database
<i>Ilyocypris dentifera</i>	365,5	ECOTOX database
<i>Lepomis macrochirus</i>	105000	ECOTOX database
<i>Moina macrocopa</i>	45271	ECOTOX database
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	83000	ECOTOX database
<i>Palaemonetes pugio</i>	436,15	ECOTOX database
<i>Simulium latigonium</i>	3,73	ECOTOX database
<i>Simulium vittatum</i>	8,18	ECOTOX database

Peixes

<i>Cyprinodon variegatus</i>	163000,00	ECOTOX database
<i>Lepomis macrochirus</i>	105000,00	ECOTOX database
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	156050,00	ECOTOX database

MANCOZEBE

Espécie	CL ₅₀ (µgl)	Fonte
Invertebrados		
<i>Americamysis bahia</i>	67	ECOTOX database
<i>Daphnia magna</i>	1300	ECOTOX database
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	450	ECOTOX database
Peixes		
<i>Barilius bendelisis</i>	410,6	ECOTOX database
<i>Cyprinodon variegatus</i>	2500	ECOTOX database
<i>Lepomis macrochirus</i>	1350	ECOTOX database
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	1100	ECOTOX database
<i>Oreochromis niloticus</i>	16300	ECOTOX database

GLIFOSATO

Espécie	CL ₅₀ (µgl)	Fonte
Invertebrados		
<i>Americamysis bahia</i>	59500,0	ECOTOX database
<i>Callinectes sapidus</i>	161139,5	ECOTOX database
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	39748,8	ECOTOX database
<i>Chironomus plumosus</i>	28666,7	ECOTOX database
<i>Crassostrea virginica</i>	10000,0	ECOTOX database
<i>Daphnia magna</i>	218000,0	ECOTOX database
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i>	52000,0	ECOTOX database

<i>Hyalella azteca</i>	115500,0	ECOTOX database
<i>Palaemonetes vulgaris</i>	28100,0	ECOTOX database
<i>Spirostomum ambiguum</i>	36400,0	ECOTOX database
<i>Uca pugilator</i>	934000,0	ECOTOX database
<i>Utterbackia imbecillis</i>	18300,0	ECOTOX database
Peixes		
<i>Carassius auratus</i>	6700310,0	ECOTOX database
<i>Channa punctata</i>	37330,0	ECOTOX database
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i>	100000,0	ECOTOX database
<i>Cyprinodon variegatus</i>	280000,0	ECOTOX database
<i>Cyprinus carpio</i>	645000,0	ECOTOX database
<i>Gambusia yucatana</i>	17790,0	ECOTOX database
<i>Ictalurus punctatus</i>	5500,0	ECOTOX database
<i>Lepomis macrochirus</i>	4500,0	ECOTOX database
<i>Morone saxatilis</i>	23500,0	ECOTOX database
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	360290,0	ECOTOX database
<i>Pimephales promelas</i>	75325,0	ECOTOX database
<i>Rhamdia quelen</i>	7300,0	ECOTOX database
<i>Salmo trutta</i>	4950,0	ECOTOX database
Algas		
<i>Anabaena flosaquae</i>	13375,0	ECOTOX database
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	243000,0	ECOTOX database
<i>Chlorella fusca</i>	377000,0	ECOTOX database
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	513895,0	ECOTOX database
<i>Chlorella vulgaris</i>	4696,1	ECOTOX database
<i>Chlorococcum hypnosporum</i>	68000,0	ECOTOX database
<i>Navicula pelliculosa</i>	27800,0	ECOTOX database
<i>Pithophora oedogonia</i>	67000,0	ECOTOX database
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	34344,2	ECOTOX database
<i>Scenedesmus acutus</i>	10200,0	ECOTOX database
<i>Scenedesmus acutus</i>	4925,0	ECOTOX database
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	9090,0	ECOTOX database
<i>Skeletonema costatum</i>	12000,0	ECOTOX database
<i>Skeletonema costatum</i>	770,0	ECOTOX database
Macrofitas		
<i>Lemna aequinoctialis</i>	387,5	ECOTOX database
<i>Lemna minor</i>	16751,7	ECOTOX database
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	1120,3	ECOTOX database

PARAQUATE

Espécie	CL ₅₀ (µgl)	Fonte
Invertebrados		
<i>Anodonta cygnea</i>	420000,00	ECOTOX database
<i>Artemia salina</i>	6450,00	ECOTOX database
<i>Biomphalaria glabrata</i>	10000,00	ECOTOX database
<i>Caridina laevis</i>	35,80	ECOTOX database
<i>Chironomus tentans</i>	1586,00	ECOTOX database
<i>Daphnia magna</i>	2680,00	ECOTOX database
<i>Daphnia similis</i>	0,02	ECOTOX database
<i>Macrobrachium amazonicum</i>	5,00	ECOTOX database
<i>Streptocephalus proboscideus</i>	3,70	ECOTOX database
Peixes		
<i>Apareiodon affinis</i>	6700,00	ECOTOX database
<i>Bryconamericus boops</i>	20210,00	ECOTOX database
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i>	43096,67	ECOTOX database
<i>Cyprinus carpio</i>	269000,00	ECOTOX database
<i>Danio rerio</i>	100000,00	ECOTOX database
<i>Heterobranchus longifilis</i>	7670,00	ECOTOX database
<i>Lepomis macrochirus</i>	156000,00	ECOTOX database
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33840,00	ECOTOX database
<i>Oreochromis mossambicus</i>	15670,50	ECOTOX database
<i>Oreochromis niloticus</i>	11840,00	ECOTOX database
<i>Plecostomus commersoni</i>	5200,00	ECOTOX database
<i>Tilapia hornorum</i>	31500,00	ECOTOX database
Algas		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	78,83	ECOTOX database
<i>Chlorella vulgaris</i>	140,00	ECOTOX database
<i>Navicula pelliculosa</i>	0,55	ECOTOX database
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	267,52	ECOTOX database
<i>Scenedesmus acutus</i>	430,00	ECOTOX database
<i>Scenedesmus acutus var. acutus</i>	22,50	ECOTOX database
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	43,99	ECOTOX database
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	382,50	ECOTOX database
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	87,89	ECOTOX database
<i>Skeletonema costatum</i>	2840,00	ECOTOX database
Macrofitas		
<i>Lemna minor</i>	68,63	ECOTOX database
<i>Lemna gibba</i>	64,50	ECOTOX database
