

Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
SERGIO AROUCA  
ENSP

***“Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco”***

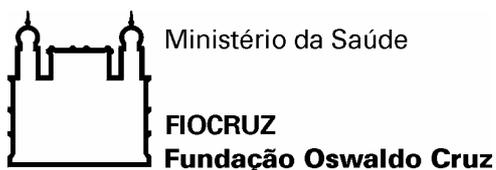
*por*

***Maria de Lourdes Fernandes Neto***

*Tese apresentada com vistas à obtenção do título de Doutor em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente.*

*Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula de Novaes Sarcinelli*

*Rio de Janeiro, março de 2010.*



*Esta tese, intitulada*

***“Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco”***

*apresentada por*

***Maria de Lourdes Fernandes Neto***

*foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:*

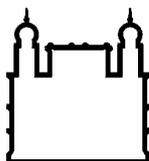
Prof. Dr. Herling Gregorio Aguilar Alonzo

Prof. Dr. Rafael Kopschitz Xavier Bastos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra de Souza Hacon

Prof. Dr. Sergio Rabello Alves

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula de Novaes Sarcinelli – Orientadora



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**



## A U T O R I Z A Ç Ã O

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Rio de Janeiro, 26 de março de 2010.

---

Maria de Lourdes Fernandes Neto

CG/Fa

Catálogo na fonte  
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica  
Biblioteca de Saúde Pública

F363 Fernandes Neto, Maria de Lourdes  
Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros  
agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco. / Maria de  
Lourdes Fernandes Neto. Rio de Janeiro : s.n., 2010.  
169 f. tab., graf.

Orientador: Sarcinelli, Paula de Novaes  
Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio  
Arouca, Rio de Janeiro, 2010

1. Praguicidas. 2. Água Potável. 3. Normas de Qualidade da Água.  
4. Medição de Risco. I. Título.

CDD – 22.ed. – 628.16

A minha (numerosa) família, por tudo que representa para mim; em especial ao querido  
mano Adilmar, que Deus não permitiu que estivesse entre nós (em corpo físico), para  
dividir comigo a alegria de finalizar este trabalho...

## AGRADECIMENTOS

Todo o processo de condução deste trabalho contou com o apoio, carinho e motivação de inúmeras pessoas, sem as quais a jornada seria mais penosa.

Agradeço, inicialmente, a Deus, que oportunizou a mim tantas bênçãos.

À Paula Sarcinelli, pela orientação e, acima de tudo, acolhida, confiança e carinho que sempre permearam nossa relação de aluna e orientadora.

Ao Guilherme Franco Netto, que foi o primeiro motivador, e demais colegas da Vigilância em Saúde Ambiental.

Aos professores e mais do que colaboradores: Herling Alonzo e Rafael Bastos.

Aos amigos (de longe e de perto), pelos ouvidos e ombros; pela palavra certa, na hora certa: Alexandra Soares, Camille Mannarino, Chiquinha Paiva, Cida Oliveira, Daniel Frade, Gilson Spannemberg, Isaias Pereira, Marcelo Libânio, Marly Matos, Nolan Bezerra, Regina Mello, Terezinha Maciel, Tiana Silva, Vânia Rodrigues e Vanina Matos.

Aos colegas da Capes, pelo apoio recente, mas absolutamente importante.

Ao Luiz Belino, querido companheiro, pelo carinho e apoio; por entender as necessárias ausências.

Aos tios muito especiais, José Maciel e Carmita, pelo amor e carinho a mim dispensados.

Aos meus sobrinhos lindos, que sempre deixam minhas visitas a Minas muito mais coloridas e barulhentas.

Aos meus irmãos e irmãs, que são meu amparo e força; cuja união e amor simbolizam o que pode haver de melhor numa família.

Aos meus pais Alaíde e José Batista, por TUDO, que nenhuma boa palavra consegue qualificar.

*“... não vê os rios que nunca enchem o mar? A vida de cada um também é assim: está sempre toda por viver.”*

Mia Couto

## RESUMO

O uso intensivo de agrotóxicos tem suscitado a preocupação de profissionais de diversos setores, face aos riscos potenciais que essas substâncias trazem ao ambiente e aos seres humanos. Nesse contexto, a água consumida pelas populações pode ser uma importante forma de exposição. Os agrotóxicos constituem parâmetro preconizado no padrão de potabilidade nacional, expresso na Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004, mediante a indicação de valores máximos permitidos (VMP) para 23 substâncias. A última atualização formal do conteúdo dessa norma ocorreu em 2000 e, diante do crescimento da agroeconomia brasileira e, por conseguinte, do consumo dessas substâncias, o processo de revisão/reformulação do padrão nacional para os agrotóxicos torna-se imperativo. O objetivo principal deste trabalho é analisar a consistência do atual padrão de potabilidade brasileiro referente aos agrotóxicos. A metodologia do trabalho foi constituída de cinco etapas; a primeira apresenta uma análise comparativa entre o padrão brasileiro e os padrões de outros países. As quatro etapas seguintes foram conduzidas de forma associada às etapas da Metodologia de Avaliação de Risco. Os resultados apresentados indicaram a ausência de informações sistemáticas sobre o consumo de agrotóxicos no país, o que compromete o conhecimento da realidade nacional, em termos das substâncias mais utilizadas. Apesar dessa limitação, dados de 2005/2006 apontaram um panorama de uso de agrotóxicos centrado principalmente nos estados de São Paulo e Paraná, embora todos os estados da federação façam uso dessas substâncias; o padrão de potabilidade nacional para agrotóxicos tem sido definido, essencialmente, mediante os parâmetros e valores guias recomendados pela OMS e não considera algumas substâncias das classes dos inseticidas e fungicidas com uso expressivo, cujas características toxicológicas e potencial de contaminação das águas merecem atenção. A revisão/atualização do padrão de potabilidade para os agrotóxicos constitui parte importante de um processo mais amplo de revisão da legislação nacional. Dentre as diversas questões afetas à constante avaliação de risco dos agrotóxicos no padrão de potabilidade, ressalta-se a importância de que o Governo Federal e, com destaque o Ministério da Saúde, garanta a sustentabilidade financeira, operacional e de recursos humanos desse processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** agrotóxicos; padrão de potabilidade; avaliação de risco.

## **ABSTRACT**

The intensive use of pesticides has got attention of professionals of different areas, regarding the potential hazard of these substances for environment and for human beings. In this context, the water for human intake can be an important form of exposure. The pesticides are recommended in the national standard for potability, expressed in Portaria MS nº 518/2004, of 25 March 2004, with the maximum permitted values indication (VMP) for 23 substances. The last update of that normative occurred in 2000 and, considering Brazilian agricultural business growth and, consequently, consumption of those substances, revision/reformulation of the national standard for pesticides becomes imperative. The main objective of this work is to analyze the current consistency of Brazilian standard for potability considering pesticides. The methodology was made up with five steps; the first present an analysis between Brazilian standard and other countries' standards. Remain four were conducted with the steps of Risk Assessment Methodology. The results indicated a lack of systematic information about the usage of pesticides in the country, which undermines national knowledge of reality, in terms of more common used substances. Despite this limitation, 2005/2006 data indicated a panorama of use of pesticides is focused mainly in the states of São Paulo and Paraná, although all federation states make use of such substances; the national standard for potability has been set to pesticides essentially through the parameters and guide values recommended by WHO, and does not consider some substances from classes of insecticides and fungicides with expressive use and such toxicological characteristics and water contamination potential deserve attention. The revision/update of national standard for potability considering pesticides is an important part of a wide process of revision of national legislation. Among the various issues related to risk assessment with pesticides in standard for potability, emphasize the importance that the Federal Government and, in particular the Ministry of Health, ensure the human resources, financial and operational sustainability of this process.

**KEYWORDS:** pesticides; drinking water standards; risk assessment.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. EVOLUÇÃO DO PADRÃO DE POTABILIDADE BRASILEIRO, EM TERMOS DO NÚMERO DE PARÂMETROS CONTEMPLADOS .....	34
FIGURA 2. ESTRUTURA DO TRABALHO E CORRESPONDÊNCIA COM AS ETAPAS DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCO.....	37
FIGURA 3. INTER-RELAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES CAPÍTULOS QUE COMPÕEM OS GUIAS DA OMS PARA ASSEGURAR A QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO .....	57
FIGURA 4. DISTRIBUIÇÃO DOS AGROTÓXICOS COM REGISTRO DE USO, NO BRASIL, SEGUNDO CLASSE TOXICOLÓGICA E CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL - 2009 .....	78
FIGURA 5. FATURAMENTO DA INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA NO ANO DE 2007, EM (US\$ BILHÕES) .....	79
FIGURA 6. EVOLUÇÃO DO FATURAMENTO LÍQUIDO DA INDÚSTRIA DE AGROTÓXICOS NO BRASIL, PARA O PERÍODO DE 1990 A 2007, EM US\$ BILHÕES .....	79
FIGURA 7. ESTIMATIVA DA COMERCIALIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL, SEGUNDO A CLASSE DE USO, NOS ANOS 2007 (JANEIRO A OUTUBRO) E 2008 .....	80
FIGURA 8. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE INGREDIENTES ATIVOS CONSUMIDOS EM 2005 NO BRASIL, POR CLASSES DE USO .....	81
FIGURA 9. ESTADOS COM MAIORES VOLUMES DE VENDA DE AGROTÓXICOS NO PAÍS, EM DOIS PERÍODOS DISTINTOS .....	83
FIGURA 10. ESTADOS COM MAIOR CONSUMO DE INGREDIENTE ATIVO (AGROTÓXICOS E AFINS) E TOTAL PARA O BRASIL, NOS ANOS 2000 E 2005 .....	84
FIGURA 11. EVOLUÇÃO DAS ÁREAS PLANTADAS NO PERÍODO DE 2000 A 2007, EM HECTARES (HA), NOS ESTADOS COM MAIORES VOLUMES DE VENDA DE AGROTÓXICOS EM 2006 .....	86
FIGURA 12. ÁREA PLANTADA DE CULTURAS TEMPORÁRIAS E PERMANENTES NO BRASIL, NO PERÍODO DE 2000 A 2007, EM HECTARE (HA) .....	87
FIGURA 13. COMERCIALIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL, EM US\$ 1.000, NO ANO DE 2006 .....	87
FIGURA 14. VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSUMO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL NO PERÍODO DE 2000 A 2005, EM KG/HA .....	88
FIGURA 15. INTENSIDADE DE USO DE AGROTÓXICOS E AFINS NO BRASIL, NO ANO 2005, EM KG/HA.....	89
FIGURA 16. INTENSIDADE DE USO DE AGROTÓXICOS E AFINS, NOS ANOS 2000 E 2005, SEGUNDO AS DIFERENTES REGIÕES DO PAÍS, EM KG/HA.....	89
FIGURA 17. ESTIMATIVA DA INTENSIDADE DE USO DE AGROTÓXICOS E AFINS NO BRASIL NO ANO 2007, EM KG/HA, A PARTIR DO USO DE ÍNDICES MÉDIOS DE CONSUMO EM 2000 E 2005 .....	90
FIGURA 18. CULTURAS COM MAIORES VOLUMES DE VENDAS DE AGROTÓXICOS EM 2006 E PRINCÍPIOS ATIVOS AUTORIZADOS PARA USO NO PAÍS, SEGUNDO A CLASSE TOXICOLÓGICA .....	94
FIGURA 19. PERCENTUAL DE AMOSTRAS INSATISFATÓRIAS NO PARA – 2008, EM TERMOS DA PRESENÇA DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS ACIMA DO LMR OU DA IDENTIFICAÇÃO DE INGREDIENTES ATIVOS COM USO NÃO AUTORIZADO PARA DETERMINADA CULTURA .....	96
FIGURA 20. PERCENTUAL DE PRODUTOS FORMULADOS SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DE PERICULOSIDADE AMBIENTAL – ALGUMAS SUBSTÂNCIAS DO GRUPO 1 (CONTINUA...) .....	109
FIGURA 21. PERCENTUAL DE PRODUTOS FORMULADOS SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DE PERICULOSIDADE AMBIENTAL – ALGUMAS SUBSTÂNCIAS DO GRUPO 2 .....	111
FIGURA 22. PERCENTUAL DE PRODUTOS FORMULADOS SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DE PERICULOSIDADE AMBIENTAL – GRUPO 3 .....	113
FIGURA 23. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS SUBSTÂNCIAS AVALIADAS, SEGUNDO OS TRÊS GRUPOS CONSIDERADOS, PARA POTENCIAL PREDITIVO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	118
FIGURA 24. CONSOLIDAÇÃO DAS INFORMAÇÕES SOBRE POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SEGUNDO OS TRÊS GRUPOS AVALIADOS .....	123
FIGURA 25. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS SUBSTÂNCIAS AVALIADAS, EM TERMOS DO POTENCIAL EM TRAZER DANOS À SAÚDE HUMANA – NÍVEL DE TOXICIDADE.....	129
FIGURA 26. NÍVEL DE TOXICIDADE – GRUPO 1 .....	129
FIGURA 27. NÍVEL DE TOXICIDADE – GRUPO 2.....	130
FIGURA 28. NÍVEL DE TOXICIDADE – GRUPO 3.....	130
FIGURA 29. RISCO COMO FUNÇÃO DA TOXICIDADE E DA EXPOSIÇÃO .....	142
FIGURA 30. FLUXOGRAMA PARA DEFINIÇÃO DE VMP DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO, SEGUNDO ASPECTOS TOXICOLÓGICOS .....	145

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. PROPRIEDADES FÍSICAS UTILIZADAS EM MODELOS DE PREDIÇÃO .....	19
TABELA 2. POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DOS AGROTÓXICOS, SEGUNDO ÍNDICE DE GUS .....	21
TABELA 3. POTENCIAL DE TRANSPORTE DO AGROTÓXICO, ASSOCIADO AO SEDIMENTO .....	22
TABELA 4. POTENCIAL DE TRANSPORTE DO AGROTÓXICO, DISSOLVIDO EM ÁGUA .....	22
TABELA 5. TRABALHOS PUBLICADOS SOBRE A DETECTAÇÃO OU ESTIMATIVA DA PRESENÇA DE AGROTÓXICOS EM MANANCIAS E EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO, NO BRASIL .....	25
TABELA 6. ETAPAS CONSTITUINTES DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCO .....	27
TABELA 7. CRITÉRIOS TOXICOLÓGICOS UTILIZADOS E PESOS ATRIBUÍDOS .....	51
TABELA 8. VALORES GUIA (VG) OU VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS (VMP) PARA AGROTÓXICOS NAS DIRETRIZES DA OMS E NAS NORMAS DO BRASIL, EUA, CANADÁ, AUSTRÁLIA E NOVA ZELÂNDIA (CONTINUA...)	67
TABELA 9. SISTEMATIZAÇÃO DE ALGUNS ASPECTOS EVIDENCIADOS JUNTO À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E DIRETRIZES INTERNACIONAIS .....	73
TABELA 10. COMPARAÇÃO ENTRE A LEGISLAÇÃO DO BRASIL E DE ALGUNS PAÍSES DA AMÉRICA DO SUL..	74
TABELA 11. CLASSE TOXICOLÓGICA E COR DA FAIXA NO RÓTULO DO AGROTÓXICO .....	77
TABELA 12. INGREDIENTES ATIVOS MAIS CONSUMIDOS NO BRASIL, ENTRE 2000 E 2005 .....	80
TABELA 13. PRINCÍPIOS ATIVOS MAIS UTILIZADOS (EM 2005) E CULTURAS COM USO AUTORIZADO.....	82
TABELA 14. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS AUTORIZADOS NO BRASIL, PARA A CULTURA DA SOJA .....	92
TABELA 15. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS AUTORIZADOS NO BRASIL, PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	92
TABELA 16. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS AUTORIZADOS NO BRASIL, PARA A CULTURA DO ALGODÃO .....	92
TABELA 17. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS AUTORIZADOS NO BRASIL, PARA A CULTURA DO MILHO .....	93
TABELA 18. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS AUTORIZADOS NO BRASIL, PARA A CULTURA DO CAFÉ.....	93
TABELA 19. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS AUTORIZADOS NO BRASIL, PARA A CULTURA DE CITROS.....	94
TABELA 20. DETALHAMENTO DAS CULTURAS COM AMOSTRAS INSATISFATÓRIAS, EM TERMOS DOS INGREDIENTES ATIVOS ENCONTRADOS - PARA - 2008.....	97
TABELA 21. RELAÇÃO DE PRINCÍPIOS ATIVOS ATUALMENTE EM PROCESSO DE REAVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA, PELA ANVISA .....	100
TABELA 22. AGROTÓXICOS AVALIADOS NESTE TRABALHO, SEGUNDO O GRUPO CARACTERÍSTICO .....	101
TABELA 23. IDENTIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS ESTUDADAS .....	102
TABELA 24. CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS, SEGUNDO SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS .....	105
TABELA 25. CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS, SEGUNDO A PERSISTÊNCIA NO AMBIENTE E POTENCIAL PARA BIOACUMULAÇÃO .....	107
TABELA 26. PROCESSOS AVANÇADOS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA .....	114
TABELA 27. TRATABILIDADE PARA AS DIFERENTES SUBSTÂNCIAS.....	115
TABELA 28. POTENCIALIDADE DOS AGROTÓXICOS EM CONTAMINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (CONTINUA...) .....	117
TABELA 29. POTENCIALIDADE DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS, SEGUNDO CRITÉRIO DA USEPA, ÍNDICE DE GUS E MÉTODO DE GOSS (CONTINUA...)	120
TABELA 30. CONSOLIDAÇÃO DAS INFORMAÇÕES SOBRE POTENCIAL DE TRANSPORTE DE AGROTÓXICOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	124
TABELA 31. RELAÇÃO DE AGROTÓXICOS (INGREDIENTES ATIVOS), CUJA SINALIZAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA FOI OBTIDA DO PAN E RESPECTIVA CLASSIFICAÇÃO INDICADA PELA OMS .....	125
TABELA 32. RELAÇÃO DE AGROTÓXICOS (INGREDIENTES ATIVOS), CUJA SINALIZAÇÃO DE CARCINOGENICIDADE FOI OBTIDA DO PAN E RESPECTIVA CLASSIFICAÇÃO DA IARC .....	126
TABELA 33. CLASSIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS SEGUNDO A CARCINOGENICIDADE .....	127
TABELA 34. CATEGORIZAÇÃO DOS AGROTÓXICOS SEM EVIDÊNCIAS DE CARCINOGENICIDADE (OU INCLASSIFICÁVEIS PARA ESTE CRITÉRIO), SEGUNDO OUTROS ASPECTOS TOXICOLÓGICOS .....	128
TABELA 35. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA AO CONSUMO DE ÁGUA, EM TERMOS DA IDT, PARA SUBSTÂNCIAS DO GRUPO 1, A PARTIR DOS VMP JÁ ESTABELECIDOS NA PORTARIA MS Nº 518/2004 – .....	134
TABELA 36. OBTENÇÃO DE VMP PARA ALGUMAS SUBSTÂNCIAS, SEGUNDO CINCO SITUAÇÕES DISTINTAS .....	137
TABELA 37. PRINCIPAIS QUESTÕES RELACIONADAS AO USO DE AGROTÓXICOS E INSERÇÃO DESSES PARÂMETROS EM NORMAS DE POTABILIDADE .....	141

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ANVISA.	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARMCANZ	Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zeland
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CDW	Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water
CENEPI	Centro Nacional de Epidemiologia
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
DPR	California Department of Pesticide Regulation
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EXTONET	Extension Toxicology Network
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GLEAMS	Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems
GUS	Groundwater Ubiquity Score
IARC	International Agency for Research on Cancer
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICSC	International Chemical Safety Card
IDA	Ingestão Diária Aceitável
IDT	Ingestão Diária Tolerável
ILO	International Labour Organization
IPCS	International Programme on Chemical Safety
LMR	Limite Máximo de Resíduo
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Leavel
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MAV	Maximum Acceptable Value
MCL	Maximum Contaminant Level
MCLG	Maximum Contaminant Level Goal
MHLW	Ministry of Health, Labour and Welfare
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NAS	National Academy of Science
NHMRC	National Health and Medical Research Council
NIH	National Institutes of Health
NOAEL	No Observable Adverse Effect Level
NPDWR	National Primary Drinking Water Regulation
NSDWR	National Secondary Drinking Water Regulation
NTP	National Toxicology Program

OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PAN	Pesticide Action Network
PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos
PHRMP	Public Health Risk Management Plan
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
POP	Poluentes Orgânicos Persistentes
RfD	Dose de Referência
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SCS	Soil Conservation Service
SDWA	Safe Drinking Water Act
SIA	Sistema de Informações sobre Agrotóxicos
SINDAG	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola
SISAGUA	Sistema Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SPISP	Soil Pesticide Interaction Screening Procedure
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
TT	Treatment Technique
UNEP	United Nations Environment Programme
USDA	United States Department of Agriculture
USEPA	United States Environmental Protection Agency
USPHS	United States Public Health Service
VMD	Valor Máximo Desejável
VMP	Valores Máximos Permitidos
WHO	World Health Organization

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1. Geral .....	15
2.2. Específicos.....	15
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO .....</b>	<b>16</b>
3.1. Presença de agrotóxicos em água, no Brasil: entre a escassez de dados e as possibilidades de predição .....	16
3.2. Metodologia de avaliação de risco e sua aplicação na determinação de VMP .....	27
3.3. Histórico da legislação brasileira de potabilidade de água .....	31
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>36</b>
4.1. Aspectos Gerais .....	36
4.2. Detalhamento e obtenção dos dados .....	40
4.2.1. ETAPA 1 – Análise comparativa entre o padrão de potabilidade brasileiro para agrotóxicos e diretrizes internacionais.....	40
4.2.2. ETAPA 2 – Perfil do uso de agrotóxicos no Brasil .....	40
4.2.3. ETAPA 3 – Caracterização dos agrotóxicos de interesse.....	43
4.2.4. ETAPA 4 – Estimativa da exposição.....	54
4.2.5. ETAPA 5 – Caracterização qualitativa do risco .....	55
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
5.1. ETAPA 1 – Análise comparativa entre o padrão de potabilidade brasileiro para agrotóxicos e diretrizes internacionais.....	56
5.2. ETAPA 2 – Perfil do uso de agrotóxicos no Brasil .....	76
5.3. ETAPA 3 – Caracterização dos agrotóxicos de interesse .....	101
5.4. ETAPA 4 – Estimativa da exposição.....	131
5.5. ETAPA 5 – Caracterização qualitativa do risco .....	141
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>147</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>150</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>151</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento de relações entre a saúde humana e fatores ambientais não é recente. O tratado *Ares, águas e lugares*, cuja autoria é atribuída a Hipócrates e datada na segunda metade do século V é permeado pela assertiva de que o efetivo conhecimento sobre as doenças está condicionado ao (re) conhecimento da influência de outros três aspectos da vida do homem: seu estilo de vida/costumes (*nómoi*), sua natureza física (*phýseis*) e seu entorno (CAIRUS; RIBEIRO JR., 2005). Evidentemente, o nível de discussões e inferências sobre a temática saúde e ambiente sofreu grandes transformações ao longo dos séculos, mas uma associação inequívoca pode ser conduzida entre o conteúdo do tratado Hipocrático e o pensamento que tem regido o meio científico atual, no que se refere aos distintos fatores condicionantes e determinantes do ambiente que interferem na saúde humana.

A ocupação e utilização do meio físico pelo ser humano, ao longo dos tempos, têm sido extremamente impactantes no que se refere às modificações dos diversos ecossistemas. O avanço tecnológico experimentado pelos países, sobretudo os de economia periférica, não tem sido acompanhado da utilização de tecnologias menos danosas ao ambiente e ao homem. Nesse sentido, Funtowicz e De Marchi (2000) afirmam que o aumento científico, em termos de inovações tecnológicas, não traz como resultado, necessariamente, uma sociedade mais sustentável e citam que o aumento da produtividade na indústria agroalimentar, por exemplo, depende da utilização intensiva de agrotóxicos e/ou sementes híbridas ou geneticamente modificadas. Essas intervenções tecnológicas podem constituir fonte de geração de problemas que afetam, além do meio natural, a saúde da população e a economia.

Embora seja reconhecida a importância das atividades vinculadas à indústria química para as sociedades atuais, não há como negar sua potencialidade em termos de ameaça aos seres vivos, sobretudo em virtude dos processos produtivos adotados e do uso indevido de seus produtos. Há treze anos, Porto e Freitas (1997) assinalavam sobre a incorporação de mil a duas mil novas substâncias químicas no mercado, anualmente. Nessa mesma temática, Freitas *et al.* (2002) apontam que a produção mundial de todos os tipos de produtos químicos deve exceder algumas centenas de milhares de toneladas por ano. Hacon (2003) destaca a crescente preocupação da sociedade, frente à utilização intensiva e extensiva de substâncias químicas e as conseqüências desse uso para os seres humanos e o meio natural.

A maioria dos contaminantes presentes em águas subterrâneas e superficiais devidos à atividade humana está relacionada às fontes industriais e agrícolas (DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001). Dados indicam que entre 300 e 500 milhões de toneladas de metais, solventes, lixo tóxico e outros dejetos se acumulem, anualmente, em fontes de água de todo o mundo, como consequência de processos industriais (CLARKE; KING, 2005). Além das substâncias químicas reconhecidamente prejudiciais aos ecossistemas, o mundo moderno tem se deparado com a presença de inúmeros outros compostos químicos nos ambientes, face à rapidez com que a indústria química lança no mercado novos produtos (BOESTEN *et al.* 2007; KELLER, 2006).

Diversos efeitos à saúde têm sido atribuídos à exposição a diferentes substâncias químicas, dentre as quais os agrotóxicos. Tais efeitos incluem os problemas nos sistemas reprodutivo e endócrino de mamíferos, assim como o aumento na incidência de algumas doenças, como o câncer (BOFFETTA, 2006; CRAVEDI *et al.* 2007; HACON, 2003; RUDEL *et al.* 2007).

O Brasil assumiu, recentemente, a posição de maior consumidor mundial de agrotóxicos (ANVISA, 2009a). O destaque no cenário internacional quanto à intensidade de uso dessas substâncias traz consigo diversas preocupações, especialmente em termos dos riscos potenciais decorrentes da exposição humana. Tal relevância e amplitude do uso de agrotóxicos assumem um caráter destacado na análise dos problemas de contaminação das águas por substâncias químicas, principalmente porque compreendem diversos compostos com variadas propriedades químicas, potencial tóxico e mecanismos de ação (YOUNES; GALAL-GORCHEV, 2000).

A água distribuída para consumo humano deve apresentar características tais que não comprometam seu uso; não apenas pela possibilidade de trazer doenças, mas pela possibilidade de sua rejeição e busca de outras fontes de água menos seguras (BRASIL, 2006). Van Leeuwen (2000) aponta que a distribuição de água segura às populações pode ser considerada como a ação mais importante na redução da mortalidade e morbidade, nos países em desenvolvimento.

A qualidade da água é muito dinâmica, variando no tempo e no espaço segundo diversas condicionantes naturais ou antrópicas. Nesse sentido, a presença de determinadas substâncias na água pode trazer dificuldades para seu tratamento e disponibilização às populações, exigindo tratamentos específicos mais complexos para sua remoção (PÁDUA; FERREIRA, 2006).

A garantia da qualidade microbiológica da água tem sido, há tempos, a principal preocupação das autoridades sanitárias em todo o mundo, endossada pela assertiva da Organização Mundial de Saúde (OMS) de que tal garantia deva ser prioritária, frente à qualidade química, (WHO, 2008). Entretanto, face ao crescente reconhecimento dos efeitos tóxicos de inúmeras substâncias químicas e dos riscos potenciais da exposição a tais substâncias via ingestão de água, a preocupação com a qualidade química das águas tem aumentado sobremaneira nos últimos anos e não deve ser negligenciada (FERNANDES NETO; SARCINELLI, 2009; VAN LEEUWEN, 2000). Adicionalmente, destaca-se a relativa fragilidade dos sistemas de tratamento de água, na eliminação de algumas dessas substâncias, mediante as tecnologias usuais de tratamento empregadas no país (PRINCE, 2006). Nesse sentido, a incorporação do parâmetro agrotóxico em legislações de potabilidade de água não deve ser omitida.

No Brasil, há mais de trinta anos é atribuída ao Setor Saúde a responsabilidade por editar normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano, bem como zelar pelo seu efetivo cumprimento. A legislação em vigor sobre potabilidade da água é a Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2005a), cujo conteúdo é, essencialmente, uma reedição da Portaria MS nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, acrescida de pequenas alterações relacionadas à transferência de competências da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), para Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) e à prorrogação de prazos (BRASIL, 2001).

A definição do padrão de potabilidade brasileiro tem ocorrido mediante a consideração da experiência internacional, com destaque para os guias da OMS, que já em sua primeira edição (1983) subsidiou o processo de revisão da também primeira legislação nacional de potabilidade, a Portaria nº 56, de 14 de março de 1977. A importância desses guias da OMS é incontestável, enquanto balizadores para a definição de diretivas em todo o mundo e tal reconhecimento pode ser pautado no endosso de elevado número de cientistas e estudiosos de diferentes países (HELLER *et al.* 2005).

Na última revisão da legislação de potabilidade nacional (revisão da Portaria GM nº 36, de 19 de janeiro de 1990 e publicação da Portaria MS nº 1.469/2000) os Valores Máximos Permitidos (VMP) adotados foram, praticamente, aqueles sugeridos pela OMS, em sua segunda edição (OMS, 1995). Em alguns casos, foram estabelecidos VMP próprios, de acordo com a metodologia de avaliação de risco (BASTOS *et al.* 2001).

Ainda que reconhecidos os avanços contemplados pela atual legislação brasileira, vários trabalhos expressam preocupação quanto a certa fragilidade do padrão nacional (BASTOS, 2003; BASTOS *et al.* 2004; HELLER *et al.* 2005; PINTO *et al.* 2005). Alguns autores chegam a sugerir se não é chegado o momento de uma revisão mais rigorosa do padrão de substâncias químicas, considerando-se bases científicas mais bem fundamentadas e como parte de um processo permanente de avaliação (HELLER *et al.* 2005). Nesse sentido, Sarcinelli *et al.* (2005) apontaram que a legislação brasileira de potabilidade contempla importantes substâncias químicas, dentre os agrotóxicos, por exemplo, mas que sua amplitude ainda é muito deficiente. Isso decorre, dentre outros motivos, porque a Portaria MS n° 518/2004 não especifica de forma clara alguns princípios ativos de relevância dentre as classes dos organofosforados e carbamatos, que são largamente utilizados no país e apresentam elevada toxicidade. Outros autores apostam em um acréscimo no número de parâmetros de interesse e maior restrição quanto aos VMP, numa próxima revisão do padrão de potabilidade do país, considerando a preocupação recente da comunidade científica internacional quanto à presença de novos contaminantes orgânicos e inorgânicos e na evolução da legislação nacional, ao longo das últimas três décadas (FERNANDES NETO; FERREIRA, 2007; LIBÂNIO, 2005; MARQUES, 2005; RANGEL, 2008; SARCINELLI *et al.* 2005).

A metodologia de Avaliação de Risco tem sido utilizada em diversas áreas do conhecimento, inclusive no estabelecimento de padrões de potabilidade de água (WHO, 2004a). Tal metodologia é composta por quatro etapas: (i) identificação do perigo; (b) avaliação da dose-resposta; (c) avaliação da exposição e (d) caracterização do risco e possibilita a caracterização quantitativa/qualitativa e previsão/estimativa de efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a diferentes perigos (HAAS; ROSE, GERBA, 1999; USEPA, 1990; WHO, 1999; 2004b).

O modelo agroecônômico brasileiro caracteriza-se pelo uso intensivo, extensivo e, não raro, indiscriminado de agrotóxicos que, dentre diversas implicações, potencializa a exposição das populações a tais substâncias, inclusive mediante a ingestão de água contaminada. As referências internacionais recentes sobre critérios de qualidade de água e a análise do atual padrão brasileiro para agrotóxicos, com base nos preceitos da metodologia de avaliação de risco, devem ser considerados como importante subsídio ao processo de revisão do padrão nacional de potabilidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Analisar a consistência do atual padrão de potabilidade brasileiro referente aos agrotóxicos, com base nos preceitos da metodologia de Avaliação de Risco.

### **2.2. Específicos**

- Estabelecer estudo comparativo entre o atual padrão de potabilidade brasileiro para agrotóxicos, as diretrizes da OMS e experiências de outros países;
- Sistematizar e analisar informações disponíveis na literatura nacional e junto aos atores correspondentes, sobre o perfil do uso de agrotóxicos no Brasil, em termos das substâncias comercializadas, culturas relacionadas e intensidade de uso;
- Avaliar a pertinência de manutenção dos atuais parâmetros agrotóxicos relacionados na legislação nacional e seus respectivos VMP, bem como o acréscimo de outras substâncias;
- Apresentar subsídios para viabilizar decisões regulatórias afetas à potabilidade da água, com base na estimativa qualitativa do risco de uso de agrotóxicos no Brasil.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO**

#### **3.1. Presença de agrotóxicos em água, no Brasil: entre a escassez de dados e as possibilidades de predição**

A dinâmica dos agrotóxicos no ambiente é fortemente influenciada por fatores intrínsecos às substâncias, assim como pelas propriedades do solo, condições climáticas e formas de aplicação do produto. Esses fatores condicionam os principais mecanismos responsáveis pela movimentação dos princípios ativos, que Pessoa *et al.* (2004) destacam como sendo: retenção, transformação e transporte. De maneira sintética, os processos de retenção são condicionados pela interação entre a partícula de solo e o princípio ativo (adsorção). A transformação refere-se à degradação (natural ou não) do produto, podendo ter natureza química ou biológica. O transporte do agrotóxico entre os diferentes meios pode ocorrer mediante a volatilização, lixiviação, escoamento superficial ou evaporação (CHENG, 1990 apud PESSOA *et al.* 2004, p. 10).

Alguns países como EUA e Holanda mantem programas de monitoramento de resíduos de agrotóxicos em águas, como parte de uma política de gerenciamento de riscos para tais substâncias (SNOO *et al.* 2006; USEPA, 2004a). No Brasil, a estimativa do total de trabalhos recentes em que foram encontrados resíduos de agrotóxicos no ambiente e, em especial nas águas utilizadas para consumo humano, não constitui tarefa fácil. Existem alguns estudos, mas de forma pulverizada, sobretudo ao se considerar importantes aspectos relacionados, como a intensidade de uso de agrotóxicos, a extensão territorial do país e a relativa complexidade exigida para a realização das análises.

Marques (2005) afirma que os estudos sobre mudanças espacial e temporal na qualidade das águas, em virtude da presença de agrotóxicos, ainda são escassos no país. A autora destaca, por exemplo, que apesar da boa estruturação do sistema de monitoramento das águas interiores do estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) não privilegia os principais agrotóxicos/princípios ativos, comercializados. Por outro lado, o monitoramento de agrotóxicos em águas destinadas ao consumo humano, por parte dos prestadores de serviços de abastecimento e pelo setor saúde ainda é tímido, embora essa atividade esteja definida na Portaria MS nº 518/2004, com frequência mínima de amostragem semestral.

Estudo realizado junto aos prestadores de serviço de abastecimento de água de 1300 municípios do país indicou uma heterogeneidade considerável, em termos do cumprimento do plano de amostragem do controle da qualidade da água para os parâmetros agrotóxicos. As diferenças observadas ocorreram tanto em termos do quantitativo de municípios que realizam alguma análise, quanto ao atendimento à totalidade dos parâmetros que constam na norma brasileira (BRASIL, 2009b).

Ademais, as informações disponibilizadas no Sistema Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) sobre os resultados das análises de vigilância e controle da qualidade da água no país são, ainda, pouco expressivas para os parâmetros agrotóxicos. Em parte, devido a não realização do monitoramento ou cumprimento parcial dos planos de amostragem da vigilância<sup>1</sup> e do controle<sup>2</sup>. Outra razão seria a inconstância ou baixo nível de alimentação do sistema de informação, cuja operacionalização não é obrigatória para as secretarias municipais de saúde, ainda que seja uma ação, dentre diversas outras importantes afetas à vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2009c) reportam que da totalidade de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) cadastrados no SISAGUA em 2008, 24% apresentam informações sobre o controle da qualidade da água para os parâmetros agrotóxicos e apenas 0,5% apresenta informações sobre a vigilância da qualidade da água para tais substâncias (cujas responsabilidades são do setor saúde). Uma informação preocupante é que dentre as amostras coletadas nas saídas das estações de tratamento de água pelos prestadores de serviço de abastecimento em 2008 (e alimentadas no SISAGUA), foi verificada a não conformidade para as seguintes substâncias: aldrin/dieldrin (12%), clordano e isômeros (11%), endrin (10%) e heptacloro/heptacloro epóxido (11%). Embora tenham seu uso proibido no país, todas essas substâncias possuem características de persistência no ambiente, o que poderia justificar a presença nas amostras analisadas. Cabe destacar, ainda, que os dados apresentados referem-se às médias de 16 Unidades da Federação, visto que 11 estados não realizaram tais análises e/ou não alimentaram o referido sistema de informações com dados de 2008.

---

<sup>1</sup> Vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende a esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana (BRASIL, 2005a).

<sup>2</sup> Controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição (BRASIL, 2005a).

A ausência ou limitação de resultados de estudos e monitoramentos da qualidade da água, no Brasil, podem inviabilizar a constituição de um banco de dados para embasar cientificamente a definição de um padrão de potabilidade para agrotóxicos, a partir de dados genuinamente nacionais.

Tendo em vista as questões mencionadas sobre os determinantes da movimentação de agrotóxicos no ambiente e a escassez de dados sobre a detecção de resíduos dessas substâncias nas águas, a predição da potencialidade de um agrotóxico em se movimentar no ambiente e, por conseguinte, atingir os recursos hídricos pode ser uma alternativa preliminar de conhecimento, mediante a utilização de alguns modelos.

O uso de modelos para estimar a movimentação de agrotóxicos não é recente e tem sido bastante difundido, com destaque para o método de *Screening* da USEPA, o índice de GUS (para águas subterrâneas) e o método de GOSS (para águas superficiais). Diversos autores têm utilizado esses métodos para estimar a potencialidade de contaminação de águas, a partir da consideração do uso de princípios ativos específicos e suas propriedades físicas (BRITO *et al.* 2001; CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008; DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001; FERRACINI *et al.* 2001; FILIZOLA *et al.* 2005; GOMES; SPADOTTO; LANCHOTTE, 2001; HUANG *et al.* 1994; MENEZES, 2006; MILHOME *et al.* 2009; PESSOA *et al.* 2003; PESSOA *et al.* 2007; PRIMEL *et al.* 2005).

A utilização de tal estratégia é interessante por sua praticidade e relativa facilidade na obtenção dos dados de entrada e pela boa aproximação de seus resultados com aqueles verificados em situações reais (GOMES; SPADOTTO; LANCHOTTE, 2001; PRIMEL *et al.* 2005). Além disso, alguns autores assinalam que o uso de modelos preditivos possibilita a identificação preliminar e hierarquizada de substâncias prioritárias, em termos da potencialidade de atingir recursos hídricos, sendo particularmente relevante ao se pensar nos custos inerentes à manutenção de programas de monitoramento de agrotóxicos (LOURENCETTI *et al.* 2005; RIBEIRO *et al.* 2007).

Por outro lado, algumas limitações também devem ser consideradas, como a ausência de dados de alguns agrotóxicos e metabólitos, assim como o enfoque individual nas substâncias, em detrimento de possíveis misturas e efeitos combinados (LOURENCETTI *et al.* 2005). Além das propriedades físicas das substâncias, existem outras variáveis que também influenciam o movimento dos agrotóxicos no ambiente, como a quantidade total aplicada e a formulação do produto (PAN, 2006), e questões

regionais, como o tipo de solo, a temperatura e o índice pluviométrico (BRITO, 2001; LOPES, 2006; LOURENCETTI *et al.* 2005).

A Tabela 1 indica e descreve as propriedades físicas utilizadas nos modelos de predição referenciados: USEPA, GOSS e GUS.

**Tabela 1. Propriedades físicas utilizadas em modelos de predição**

Solubilidade em água	Indica o quão rápido um agrotóxico se dissolve em água, sendo expressa em termos da quantidade máxima da substância que irá dissolver em um litro de água, cujas principais unidades são: mg/L e µg/L. Quanto maior o valor deste parâmetro, mais solúvel é o agrotóxico e mais rapidamente ele poderá ser transportado para distâncias maiores, em relação ao ponto de aplicação original da substância, pelo escoamento da água de chuva ou água de irrigação.
Meia-vida	Refere-se ao tempo necessário para que metade da concentração inicial de um agrotóxico aplicado seja decomposta em produtos de degradação. Normalmente, a meia-vida é expressa em intervalos de dias. Diversos fatores condicionam as taxas de degradação dos agrotóxicos, como: temperatura e pH do solo, teor de microrganismos e exposição ou não da substância à luz, oxigênio e água.
Coefficiente de adsorção no solo (Koc)	Corresponde à medida da tendência de um material em adsorver às partículas de solo, sendo formalmente definido como a razão entre a massa de agrotóxico adsorvida, por unidade de massa de solo, em relação à massa de agrotóxico que permanece na solução em equilíbrio. Os valores de Koc dependem do solo e de seu pH, razão pela qual alguns dados de literatura são reportados em termos de faixas de valores. Moléculas fortemente adsorvidas ao solo não lixiviam ou se movem. Assim, agrotóxicos com valores elevados de Koc são geralmente pouco solúveis em água, apresentando tendência para aderirem às partículas do solo e não serão carregados para outros locais pela água de chuva, por exemplo, mas por partículas de sedimentos. Valores reduzidos de Koc indicariam pequena ou nenhuma adsorção e, por conseguinte um potencial para a lixiviação.
Constante de Henry	Essa propriedade define a tendência de uma substância em volatilizar da solução para o ar. Valores elevados desta constante indicam maior volatilização e o contrário sinaliza aquelas substâncias que podem persistir no solo ou na água. É expresso em Pa.m <sup>3</sup> /mol ou atm.m <sup>3</sup> /mol, sendo que 1 atm equivale a 1,013x10 <sup>5</sup> Pa.

FONTE: Elaborado a partir de EXTOWNET (1993); PAN (2006); Pessoa *et al.* (2004)

Ao verificar a descrição das diferentes propriedades físicas, é possível sinalizar as condições mais adversas; isto é, as características de determinado princípio ativo que poderiam acarretar em um pior cenário, do ponto de vista de sua movimentação no perfil de solo e possibilidade de atingir os recursos hídricos:

- Maior solubilidade
- Maior meia-vida
- Menor coeficiente de adsorção no solo
- Menor valor para a Constante de Henry

As informações sobre propriedades físicas das substâncias, juntamente com o conhecimento de outras variáveis, conforme mencionado anteriormente podem ser úteis para delinear decisões, sob a premissa do princípio da precaução<sup>3</sup>.

### ***Método de Screening da USEPA***

O método de *screening* da USEPA leva em conta características específicas dos agrotóxicos quais sejam: solubilidade em água, coeficiente de adsorção à matéria orgânica, constante de Henry, meia vida no solo e meia vida na água. Algumas condições que favorecem a percolação no solo devem ser consideradas, no uso deste critério, como a pluviosidade anual superior a 250 mm, a presença de solo poroso e a existência de aquífero não confinado. As substâncias com as características a seguir, apresentam maior potencial de transporte e tendência em atingir as águas subterrâneas (COHEN *et al.* 1995 apud PESSOA *et al.* 2004, p. 15):

- solubilidade em água > 30 mg/L
- $K_{oc} < 300-500 \text{ mL/g}$
- constante de Henry <  $10^{-2} \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$
- meia vida no solo > 14-21 dias
- meia vida na água > 175 dias

### ***Índice de GUS***

O índice de GUS (*Groundwater Ubiquity Score*) foi proposto por Gustafson (GUSTAFSON, 1989 apud PESSOA *et al.* 2007, p. 9) e é utilizado para avaliar o potencial de lixiviação dos agrotóxicos para águas subterrâneas, levando em conta informações sobre a meia vida do produto no solo ( $DT_{50}$ ) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica ( $K_{oc}$ ). O índice de GUS é obtido pela Equação 1.

$$GUS = \log(DT_{50 \text{ solo}}) \times (4 - \log(K_{oc}))$$

### **Equação 1**

Os agrotóxicos são categorizados em termos de seu potencial de lixiviação para águas subterrâneas, segundo as faixas de valores do índice de GUS, destacadas na Tabela 2.

---

<sup>3</sup> Princípio 15 da Declaração do Rio de Janeiro de 1992 segundo o qual a ausência de certeza científica absoluta não justifica postergar medidas eficazes para prevenir a degradação ambiental.

**Tabela 2. Potencial de lixiviação dos agrotóxicos, segundo Índice de GUS**

Potencial de lixiviação do agrotóxico	Premissas
Não sofre lixiviação	$GUS \leq 1,8$
Faixa de Transição	$1,8 < GUS < 2,8$
Provável lixiviação	$GUS \geq 2,8$

FONTE: Pessoa *et al.* (2007)

### **Método de GOSS**

Goss (1992) apresentou um procedimento capaz de auxiliar o controle das interações entre os agrotóxicos e o solo, cujo desenvolvimento atendia ao *Soil Conservation Service* (SCS), nos Estados Unidos. Este procedimento, denominado de *Soil Pesticide Interaction Screening Procedure* (SPISP), foi concebido para auxiliar os técnicos na avaliação das perdas de agrotóxicos em quantidades tais que prejudicassem recursos hídricos de interesse. Esse autor referencia que o potencial de perda de agrotóxico numa área devido ao escoamento superficial ou lixiviação depende da combinação dos seguintes fatores: tipo de agrotóxico, tipo de solo, clima e questões operacionais da aplicação do produto.

O SPISP foi desenvolvido a partir da avaliação de perdas de agrotóxicos observadas após mais de 40 mil interações realizadas no modelo denominado *Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems* (GLEAMS). Esse modelo considera como dados de entrada uma combinação de solos e agrotóxicos, com uma ampla variedade de propriedades. Não foram considerados, entretanto, os aspectos climáticos e as práticas adotadas na aplicação dos agrotóxicos (GOSS, 1992).

O método de GOSS leva em conta as características de meia-vida no solo ( $DT_{50}$ ), coeficiente de adsorção à matéria orgânica ( $K_{oc}$ ) e solubilidade do produto em água, mediante o atendimento de um conjunto de cláusulas apresentadas em intervalos matemáticos (GOSS, 1992; PESSOA *et al.* 2007).

As Tabelas 3 e 4 indicam, respectivamente, as diferentes categorizações dos agrotóxicos, segundo o potencial de transporte associado ao sedimento e dissolvido em água.

**Tabela 3. Potencial de transporte do agrotóxico, associado ao sedimento**

Categorias	Regras	Cláusulas
Alto	Regra 1	Meia-vida $\geq 40$ dias Koc $\geq 1000$ mL/g
	Regra 2	Meia-vida $\geq 40$ dias Koc $\geq 500$ mL/g Solubilidade $\leq 0,5 \mu\text{g/mL}$
Baixo	Regra 1	Meia-vida $\leq 1$ dia
	Regra 2	Meia-vida $\leq 2$ dias Koc $\leq 500$ mL/g
	Regra 3	Meia-vida $\leq 4$ dias Koc $\leq 900$ mL/g Solubilidade $\geq 0,5 \mu\text{g/mL}$
	Regra 4	Meia-vida $\leq 40$ dias Koc $\leq 500$ mL/g Solubilidade $\geq 0,5 \mu\text{g/mL}$
	Regra 5	Meia-vida $\leq 40$ dias Koc $\leq 900$ mL/g Solubilidade $\geq 2 \mu\text{g/mL}$
Médio		Todos os demais

**Tabela 4. Potencial de transporte do agrotóxico, dissolvido em água**

Categorias	Regras	Cláusulas
Alto	Regra 1	Solubilidade $\geq 1 \mu\text{g/mL}$ Meia-vida $> 35$ dias Koc $< 100.000$ mL/g
	Regra 2	$10 \mu\text{g/mL} \leq \text{Solubilidade} < 100 \mu\text{g/mL}$ Koc $\leq 700$ mL/g
Baixo	Regra 1	Koc $\geq 100.000$ mL/g
	Regra 2	Koc $\geq 1.000$ mL/g Meia-vida $\leq 1$ dia
	Regra 3	Solubilidade $< 0,5 \mu\text{g/mL}$ Meia-vida $< 35$ dias
Médio		Todos os demais

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu um programa computacional denominado de *AGROSCRE*, que facilita a avaliação de agrotóxicos, segundo os três procedimentos descritos: método de *Screening* da USEPA, método de GOSS e índice de GUS (PESSOA *et al.* 2004).

Na Tabela 5 foram sistematizadas algumas informações sobre estudos que investigaram a presença de agrotóxicos em mananciais e em água utilizada para consumo humano ou estimaram, a partir do uso de modelos, a potencialidade das substâncias em atingir as águas superficiais e subterrâneas. Esses trabalhos foram publicados entre os anos de 2001 e 2009 e, além da relativa abrangência espacial, indicam uma diversidade considerável de substâncias identificadas ou estimadas enquanto passíveis de ocorrer em águas no Brasil.

Com exceção do estudo efetuado por Soares e Porto (2007), os demais trabalhos que estimaram a possibilidade de contaminação de águas utilizaram os modelos de predição já referenciados: método de *Screening* da USEPA, método de GOSS e índice de GUS.

Rissato *et al* (2001) estudaram a presença de agrotóxicos organoclorados em águas brutas e tratadas na região de Bauru (SP), a partir de amostras efetuadas em três períodos compreendidos entre outubro de 2002 e junho de 2003. Foram identificadas as substâncias aldrin, endossulfam (soma de alfa, beta e sulfato) e BHC em águas brutas. As concentrações variaram entre 0,35 µg/L (BHC) a 0,81 µg/L (endossulfam). Os resíduos detectados nas amostras de água tratada foram inferiores a 0,05 µg/L.

O estudo desenvolvido por Sarcinelli *et al.* (2005) identificou a presença de organofosforados e organoclorados de uso proibido no país, bem como piretróides que em alguns casos o uso não era recomendado para a cultura desenvolvida no local de coleta da amostra de água ou período de coleta. Segundo os autores, embora todas as amostras estivessem em conformidade com a Portaria MS nº 518/2004, em termos da presença de organofosforados pelo método enzimático, foi detectado metamidofós em água tratada (0,22 µg/L), em Minas Gerais e, ainda que em baixas concentrações, o diclorovós. Em Santa Catarina e Mato Grosso também foram detectadas concentrações superiores a 0,1 µg/L de metamidofós em amostras de água bruta e tratada.

Filizola *et al* (2001) investigaram a presença de agrotóxicos em amostras de água próximas a áreas com agricultura irrigada, na região de Guaíra (SP). Dos compostos monitorados, não foram encontrados resíduos em águas subterrâneas. Entretanto, nas amostras de água superficial foram identificados: captam, 4,4' dicloro-benzofenona, sulfato de endossulfam e lambda cialotrina.

Bortoluzzi *et al.* (2006) quantificaram a presença de agrotóxicos utilizados na cultura do fumo em águas superficiais, numa microbacia do município de Agudo/RS, em três períodos diferentes, entre os meses de outubro e dezembro de 2003. Os princípios ativos clorpirifós, flumetralin, simazina e iprodione não foram detectados em nenhuma amostra de água, ao contrário da atrazina, imidacloprid e clomazone, detectados em pelo menos uma das coletas.

Estudo efetuado por Corbi *et al.* (2006) analisou a presença de compostos organoclorados e metais em sedimentos de águas brutas de córregos da região central do estado de São Paulo, entre março e junho de 2003. O intuito foi avaliar o grau do

impacto do cultivo de cana-de-açúcar nos córregos próximos às áreas de plantação. As concentrações de compostos organoclorados encontrados nos sedimentos variaram entre 0 a 1787  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Foi destacada a presença do aldrin nos sedimentos de todos os córregos amostrados, com concentrações variando entre 7,14  $\mu\text{g}/\text{kg}$  a 1787  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Ficou evidenciada a presença considerável de compostos do BHC (alfa, beta e delta) em córregos adjacentes às áreas de cultivo da cana-de-açúcar, cujos valores oscilaram entre 1,75  $\mu\text{g}/\text{kg}$  a 93,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . O endrin foi detectado em todos os córregos da região estudada, cujas concentrações variaram entre 1,16  $\mu\text{g}/\text{kg}$  e 31,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Além dessas substâncias, foram identificadas as seguintes, ainda que em baixas concentrações: endossulfam I e II, DDT e seus metabólitos (DDD e DDE).

**Tabela 5. Trabalhos publicados sobre a detecção ou estimativa da presença de agrotóxicos em mananciais e em água para consumo humano, no Brasil**

Substâncias Estudadas	Deteção	Estimativa	Manancial	Água Bruta	Água Tratada	Região de interesse	Período do estudo	Fonte/Publicação
(1)		x	Superficial e subterrâneo	x		Primavera do Leste (MT)	N.R	Dores; De-Lamonica-Freire (2001)
(2)	x		Subterrâneo	x		Microbacia do córrego Espriado, Ribeirão Preto (SP)	1995 a 1999	Gomes <i>et al.</i> (2001)
(3)	x		Superficial e subterrâneo	x		Nordeste brasileiro	N.R	Brito <i>et al.</i> (2001)
(4)		x	Superficial e subterrâneo	x		Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)	N.R	Ferracini <i>et al.</i> (2001)
(5)	x		Superficial	x	x	Bauru/SP	10/2002 a 06/2003	Rissato <i>et al.</i> (2004)
(6)	x		Superficial e subterrâneo	x	x	Municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape (SP)	03/2002 a 02/2003	Marques (2005)
(7)	x		Superficial	x	x	Principais bacias hidrográficas de MG, PR, SC, RS, MS, MT e RJ	01/2005 a 02/2005	Sarcinelli <i>et al.</i> (2005)
(8)	x	x	Superficial e subterrâneo	x		Guará (SP)	N.R	Filizola <i>et al.</i> (2005)
(9)	x		Superficial	x		Agudos (RS)	10/2003 a 12/2003	Bortoluzzi <i>et al.</i> (2006)
(10)	x		Superficial	x		Região central do Estado de SP	03/2003 a 06/2003	Corbi <i>et al.</i> (2006)
(11)	x		Superficial e subterrâneo	x		Paty do Alferes (RJ)	03/2004 a 09/2004	Veiga <i>et al.</i> (2006)
(12)		x	Superficial e subterrâneo	x	x	Bacias hidrográficas no estado de MG	2005/2006	Menezes (2006)
(13)	x		Superficial	x		RS	2000 a 2003	Marchesan <i>et al.</i> (2007)
(14)		x	Superficial e subterrâneo	x		Municípios do cerrado brasileiro	2005	Soares; Porto (2007)
(15)		x	Superficial e subterrâneo	x		Sul do estado do RS	N.R	Cabrera;Costa; Primel, (2008)
(16)		x	Superficial e Subterrâneo	x		Baixo Jaguaribe (CE)	N.R	Milhome <i>et al.</i> (2009)

Notas:

N.R – Não referenciado

(1) Metomil, maneb, triadimefon, atrazina, metribuzina, simazina, clorimuron etil, flumetsulan, fomesafen, glifosato, imazaquin, imazetapir e metolaclor.

- (2) Herbicida tebuthiuron.
- (3) Alfa-Endossulfam, Beta-Endossulfam, 2,4D, Sulfato de Endossulfam, Glifosato, Tetradifon e Triclorfon.
- (4) Organofosforados, benzimidazóis, carbamatos, piretróides e compostos clorados.
- (5) Organoclorados.
- (6) Aldicarbe, carbofurano e carbaril, simazina e atrazina e trifluralina.
- (7) Organoclorados, organofosforados e piretroides.
- (8) Captam, clorotalonil, clorpirifós, dicofol, endossulfam, lambda-cialotrina, metamidofós, parationa metílica e trifluralina.
- (9) Imidacloprid, atrazina, simazina e clomazone.
- (10) Alfa-BHC, Beta-BHC, Delta-BHC, heptacloro, aldrin, heptacloro epóxido, endossulfam I, 4,4 DDE, dieldrin, endrin, 4,4DDD, endossulfam II, 4,4 DDT, endrin aldeído, endossulfam sulfato e metais.
- (11) Organofosforados e carbamatos.
- (12) Alacloro, 2,4D, aldicarbe, aldrin, atrazina, bentazona, carbofurano, cianazina, clordano, clorpirifós, DDT, dieldrin, endossulfam, endrin, glifosato, heptacloro, hexaclorobenzeno, lindano, malation, metil-paration, metolacloro, metoxicloro, molinato, pendimetalina, permetrina, propanil, simazina e trifluralina.
- (13) Clomazone, propanil e quinclorac.
- (14) Agrotóxicos diversos.
- (15) 2,4-D, atrazina, bispiribaque sódico, carbofurano, carboxina, ciclossulfamurom, clomazone, cialofope-butílico, fenoxaprope-p-etílico, fipronil, glifosato, lambda-cialotrina, linurom, metsulfurom-metílico, molinato, metil-paration, pendimetalina, permetrina, pirazossulfurom-etílico, propanil, propinebe, quincloraque, sulfosato, tebuconazol, tiobencarbe, tiram, trifluralina.
- (16) Abamectina, acefato, acetamiprido, atrazina, azoxistrobina, carbosulfano, cartap, cipermetrina, cletodim, clorotalonil, clorpirifós, 2,4 D, difenoconazol, endossulfam, esfenvalato, espinosade, fenitrotion, fenpropatrina, glifosato, imidacloprido, lambda cialotrina, lufenurom, mancozeb, mesotriona, metamidofós, metolacloro, metomil, nicosulfuron, paraquat, metil paration, piraclostrobina, piriproxifem, propiconazole, teflubenzuron, tiametoxam, triazofós.

### 3.2. Metodologia de avaliação de risco e sua aplicação na determinação de VMP

O termo risco é definido como a probabilidade de ocorrência de efeito adverso a um organismo, sistema ou população, causado sob circunstâncias específicas, devido à exposição a um agente (WHO, 2004b). Segundo Guivant (2000), os estudos quantitativos sobre os riscos iniciaram seu desenvolvimento tendo por base disciplinas como toxicologia, epidemiologia, psicologia e engenharia, a partir dos anos 1960.

A avaliação de risco é definida como o processo que permite a caracterização quantitativa ou qualitativa e previsão/estimativa de efeitos adversos potenciais à saúde de determinada população, sistema ou organismo decorrentes da exposição a perigos de distintas naturezas (HAAS; ROSE; GERBA, 1999; USEPA, 1990; WHO, 1999; 2004b). O uso dessa metodologia pressupõe o desenvolvimento de suas quatro etapas constituintes, conforme apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6. Etapas constituintes da metodologia de avaliação de risco**

<b>Identificação do perigo</b>
Compreende uma avaliação do conhecimento disponível e a descrição dos efeitos adversos à saúde, crônicos ou agudos, associados a determinado agente. Em termos da água utilizada para consumo humano, a existência de exploração agrícola na bacia de contribuição do manancial, descarga de efluentes de agroindústrias, falhas no tratamento da água, rupturas de rede de abastecimento são exemplos de perigos.
<b>Avaliação da dose-resposta</b>
Após caracterização do perigo e identificação do agente associado, é preciso avaliar o potencial do agente em causar resposta em diversos níveis de exposição, assim como a sua extensão seus efeitos. Assim, é conduzida uma análise das relações entre a quantidade administrada/absorvida do agente e as mudanças ocorridas no organismo, sistema ou população. A definição da dose que causa algum efeito adverso é estabelecida a partir de estudos experimentais, principalmente em animais, ou epidemiológicos.
<b>Avaliação da exposição</b>
Compreende a determinação do tamanho e caracterização da população exposta e a magnitude da exposição: definição da(s) rota(s), quantificação, duração e frequência da exposição. Algumas informações são importantes, como: produção e liberação das substâncias no ambiente, fatores relacionados ao movimento, persistência e degradação da substância; tamanho e distribuição das populações vulneráveis e informações sobre a ingestão do agente. Procura-se não apenas identificar o agente presente na água, mas quantificá-lo, além de determinar as circunstâncias envolvidas na exposição humana.
<b>Caracterização do risco</b>
Integra os resultados das etapas anteriores, gerando informações de natureza qualitativa e quantitativa. A partir do conhecimento da dose do agente (quantidade presente na água) e do consumo de água, determina-se, a partir de modelos matemáticos, o risco do agravo para uma ou mais exposições. Dessa forma, estima-se a magnitude do problema de saúde, considerando-se a variabilidade e a incerteza, com o intuito de subsidiarem as estratégias de gerenciamento de risco.

FONTE: Adaptado de Bevilacqua *et al.* (2002) apud Bastos (2003); Haas; Rose; Gerba (1999); USEPA (1990); WHO (1999; 2004b)

A avaliação de risco pode ser considerada parte de uma abordagem mais ampla, denominada Análise de Risco, e que compreende, ainda, o Gerenciamento e a

Comunicação do Risco. Enquanto a avaliação de risco é um processo de base científica, o gerenciamento de risco relaciona-se à tomada de decisões, que envolve a consideração de questões técnicas importantes relacionadas com o dano à saúde e riscos, bem como aspectos políticos, sociais e econômicos (WHO, 2004b).

Em termos da contaminação da água utilizada para consumo humano, o uso dos preceitos da avaliação de risco é anterior à década de 1970, embora a metodologia tenha sido oficialmente instituída como método em 1983, pela *National Academy of Science* (NAS) dos EUA (HAAS; ROSE; GERBA, 1999; HACON; BARROCAS; SICILIANO, 2005). Segundo esses autores, tal metodologia pioneira da NAS teve seus princípios, processos e métodos refinados ao longo dos anos, notadamente pela USEPA e, atualmente, tem sido bastante utilizada em diversas áreas do conhecimento.

Dentre algumas limitações apontadas a respeito do uso da metodologia de avaliação de risco, destacam-se (HAAS; ROSE, GERBA, 1999; USEPA, 1990): (a) sensibilidade e limitações dos estudos epidemiológicos disponíveis; (b) extrapolação de dados obtidos a partir de estudos em animais para se estimarem efeitos à saúde humana, sobretudo quanto aos aspectos de suscetibilidade; (c) modelos matemáticos utilizados na extrapolação de altas doses para baixas doses de exposição e (d) manipulação das incertezas nas estimativas.

Outro ponto que merece destaque é que o ser humano pode estar exposto, ao mesmo tempo, a mais de uma substância ou à mistura de agentes químicos. Os efeitos dessa exposição múltipla podem ser distintos, de acordo com tipo e concentração do agente, via de exposição e características do indivíduo, como sexo, idade, dieta, estilo de vida, entre outros (PAUMGARTTEN, 1993). Além disso, e na maioria das vezes, alguns dos componentes da mistura são desconhecidos, as informações sobre a exposição não são confiáveis, ou variam ao longo do tempo, assim como os dados toxicológicos dos compostos conhecidos são limitados. London *et al.* (2005) chamam a atenção para o fato de que os cenários de exposição às misturas de agrotóxicos constitui-se em situação comum, particularmente nos países em desenvolvimento.

O estabelecimento do padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde é conduzido a partir da avaliação quantitativa do risco. O VMP para cada substância é, geralmente, estabelecido a partir de evidências toxicológicas ou epidemiológicas, que permitam estimar um Nível de Efeito Adverso Não Observado (*No Observable Adverse Effect Level* – NOAEL). As provas de toxicidade são usualmente obtidas em experimentos com animais. A partir desses

estudos, definem-se níveis de exposição segura para os seres humanos, considerando-se variações inter e intraespécie (por exemplo, objetivando proteger populações mais sensíveis ou suscetíveis). Para tanto, aplica-se um fator de incerteza ao valor de NOAEL encontrado no estudo (WHO, 2004a).

A OMS ressalta que, quando possível, os valores de NOAEL devem ser obtidos a partir de estudos de longo prazo, preferivelmente envolvendo a ingestão de água. Entretanto, os valores de NOAEL encontrados em estudos desenvolvidos para curto prazo ou naqueles em que foram consideradas outras fontes de exposição também podem ser utilizados. Outra questão apontada é que na ausência do valor de NOAEL, pode-se utilizar o valor referente ao Menor Nível de Efeito Adverso Observado (*Lowest Observed Adverse Effect Level* – LOAEL), que indica a menor concentração ou nível de determinada substância, para a qual foi observado um efeito adverso à saúde. Nesse caso, deve-se aplicar um fator de incerteza adicional para o uso do LOAEL em substituição ao NOAEL (WHO, 2006).

O nível de exposição segura é, então, a dose abaixo da qual as pessoas poderiam estar expostas sem que ocorressem danos à saúde, o que é comumente chamado de Ingestão Diária Aceitável (IDA) ou Ingestão Diária Tolerável (IDT). A IDA/IDT<sup>4</sup> é uma estimativa da quantidade de determinada substância presente nos alimentos ou na água potável, expressa em função da massa corporal (mg/kg ou µg/kg), que se pode ingerir, diariamente, ao longo de toda a vida sem risco considerável para a saúde, conforme indicado na Equação 2, onde FI é o fator de incerteza (WHO, 2006; 2008).

$$IDT = \frac{NOAEL \text{ ou } LOAEL}{FI}$$

*FI*

## **Equação 2**

Os fatores de incerteza são utilizados como forma de compensar possíveis variabilidades: (i) interespécies (devidos à extrapolação de resultados de estudos em animais para humanos); (ii) intraespécies (devidos a variações entre indivíduos de uma mesma espécie); (iii) adequação do estudo ou fonte de dados; (iv) natureza e severidade do efeito (WHO, 2008). Os valores atribuídos aos fatores de incerteza variam entre 1 e

---

<sup>4</sup> Embora correntemente utilizados como sinônimos, a OMS considera o termo IDT mais apropriado quando se trata da exposição aos contaminantes químicos que não seriam, normalmente, adicionados à água potável ou alimentos, pois assumiria o significado de permissibilidade e não aceitabilidade (WHO, 2006). Dessa forma, neste trabalho será utilizado o termo IDT.

10 e são utilizados, na Equação 2 de forma produtória. A OMS destaca que a utilização de fatores de incerteza na determinação da IDT possibilita a consideração de atributos específicos para as substâncias químicas, bem como leva em conta a qualidade dos dados utilizados. Para as substâncias cujos fatores de incerteza foram superiores a 1000, a OMS designa os valores guias como provisórios, enfatizando o elevado grau de incerteza inerente aos valores recomendados e que os mesmos poderão ser modificados, a partir de novas informações científicas (WHO, 2008).

A partir da obtenção da IDT, a definição do VMP segue como indicado na Equação 3.

$$\underline{VMP = IDT \times mc \times P}$$

C

### **Equação 3**

onde:

mc = massa corporal;

P = fração de IDT proveniente da ingestão de água;

C = consumo diário de água.

As variáveis destacadas podem assumir valores específicos, em função de subgrupos mais sensíveis, como as crianças. Para adultos, a OMS recomenda os seguintes valores: mc = 60 kg; P = 20% e C = 2 L (WHO, 2008). Diferentemente da OMS, USEPA, Canadá e Austrália utilizam mc = 70 kg para adultos. Nos EUA a IDT é denominada de dose de referência (RfD). Os valores utilizados pelos EUA e Austrália para os percentuais da IDT atribuída ao consumo de água variam entre 1%, 10% e 20%. Já para o consumo médio diário de água, Austrália e Canadá utilizam 1,5 L e EUA utilizam 2 L (HEALTH CANADA, 2008; NHMRC, 2004; USEPA, 2009c).

A despeito das limitações apontadas por alguns autores, sobretudo quanto às incertezas e à abrangência, os preceitos da avaliação de risco encontram-se subjacentes no processo contínuo de formulação e atualização do padrão de potabilidade de países como Canadá e Estados Unidos, e dos Guias da OMS (HEALTH CANADA, 2008; USEPA, 2004b; WHO, 2006; 2008).

Ressalta-se que para as substâncias carcinogênicas genotóxicas, os VMP ou valores guias são determinados de maneira diferente da que foi anteriormente

referenciada. A tais substâncias não é atribuído um valor de NOAEL ou LOAEL. Essencialmente, são utilizados modelos matemáticos que indicam valores guias ou VMP relacionados ao risco presumido de ocorrência de um único caso de câncer numa população específica, devido à ingestão de água contendo a substância. Assim, um VMP definido segundo um risco de  $10^{-5}$ , indica a possibilidade de ocorrência de um caso de câncer, dentre uma população de 100.000 pessoas que consumam, diariamente, água contendo determinada substância (numa concentração igual ao VMP), durante 70 anos (WHO, 2008).

### **3.3. Histórico da legislação brasileira de potabilidade de água**

A primeira legislação nacional estabelecendo o padrão de potabilidade brasileiro foi a Portaria BSB nº 56, publicada em 14 de março de 1977, após assinatura do Decreto Federal nº 79.367, de 9 de março de 1977, que previu a competência do Ministério da Saúde para legislar sobre normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano. Adicionalmente, caberia ao Ministério da Saúde fiscalizar o cumprimento da legislação em todo o país, em articulação com as Secretarias Estaduais e Distrito Federal (BRASIL, 1977). Além da referida Portaria, o Ministério da Saúde editou outras normas, com destaque para a Portaria BSB nº 443, de 6 de outubro de 1978, que trata da proteção sanitária dos mananciais, dos serviços de abastecimento e seu controle de qualidade e das instalações prediais.

O padrão de potabilidade indicado na Portaria BSB nº 56/1977 contemplava aspectos microbiológicos e parâmetros de qualidade física, química e organoléptica. Uma característica importante dessa portaria é o estabelecimento de Valores Máximos Desejáveis (VMD), além do VMP, para os parâmetros físicos e químicos. Em termos quantitativos, os agrotóxicos representavam a totalidade das substâncias orgânicas referenciadas (12). O número de substâncias inorgânicas prejudiciais à saúde e daquelas relacionadas à aceitação para consumo (aspectos estéticos e organolépticos) eram 10 e 14, respectivamente (BASTOS, 2003).

Bastos (2003) referencia que o Ministério da Saúde implementou, em 1986, o Programa Nacional de Vigilância de Qualidade de Água para Consumo Humano, incluindo dentre suas metas a revisão da Portaria BSB nº 56/1977, face ao conhecimento científico à época. O processo de revisão dessa portaria foi norteado pela primeira edição dos guias da OMS (publicada no início da década de 80) e envolveu

representantes das áreas de saúde, saneamento, meio ambiente e universidades, resultando na publicação da Portaria GM nº 36, em 19 de janeiro de 1990 (BRASIL, 1990b).

A Portaria GM nº 36/1990 modificou diversos pontos da BSB nº 56/1977, com destaque para o envio de relatórios periódicos ao setor saúde, sobre a qualidade da água distribuída, pelos responsáveis pelo abastecimento e a extinção do critério de VMD, que foi substituído por VMP para quatro características físicas e organolépticas e 41 compostos orgânicos e inorgânicos (BRASIL, 2007). Formaggia *et al.* (1996) assinalam outros avanços significativos no conteúdo desta portaria, dentre os quais: (i) atualização e inserção de definições para o melhor entendimento da norma; (ii) recomendação de manutenção do teor mínimo de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição; (iii) obrigatoriedade na manutenção de pressão positiva em qualquer ponto do sistema de distribuição, para evitar contaminação da água.

O padrão de potabilidade expresso na Portaria GM nº 36/1990 era composto essencialmente pelos seguintes padrões: microbiológico, turbidez para água pós filtração ou pré-desinfecção; substâncias químicas que representam risco à saúde, além de desinfetantes e produtos secundários da desinfecção.

Três anos após a publicação da Portaria GM nº 36/1990, a segunda edição dos Guias da OMS era publicada (1993), evidenciando a pertinência de reavaliação do documento brasileiro, face às questões apontadas pelos novos guias. Essa necessidade tornou-se ainda mais aguda em virtude de lacunas identificadas por técnicos das áreas relacionadas ao tema, como a abrangência da norma brasileira às diferentes formas de abastecimento e a definição mais clara de responsabilidades para a vigilância e o controle da qualidade da água, somada a uma já natural defasagem do padrão de potabilidade em relação aos novos avanços do conhecimento científico (BASTOS *et al.* 2001; FORMAGGIA *et al.* 1996). Outra importante necessidade de adequação da norma brasileira referia-se às mudanças substanciais ocorridas no sistema de saúde do país, que tiveram início com a promulgação da Constituição Federal, em 1988 e criação do Sistema Único de Saúde - SUS. Tais mudanças refletiram, dentre outros, na forma de atuação e abrangência das ações de saúde pública, no Brasil.

Diante dessa necessidade de atualização, o Ministério da Saúde desencadeou, em maio de 2000 (sete anos após a publicação da segunda edição dos guias da OMS), o processo de revisão da Portaria nº 36/1990, consubstanciado em um amplo processo de consulta pública, culminando na publicação da Portaria MS nº 1469,

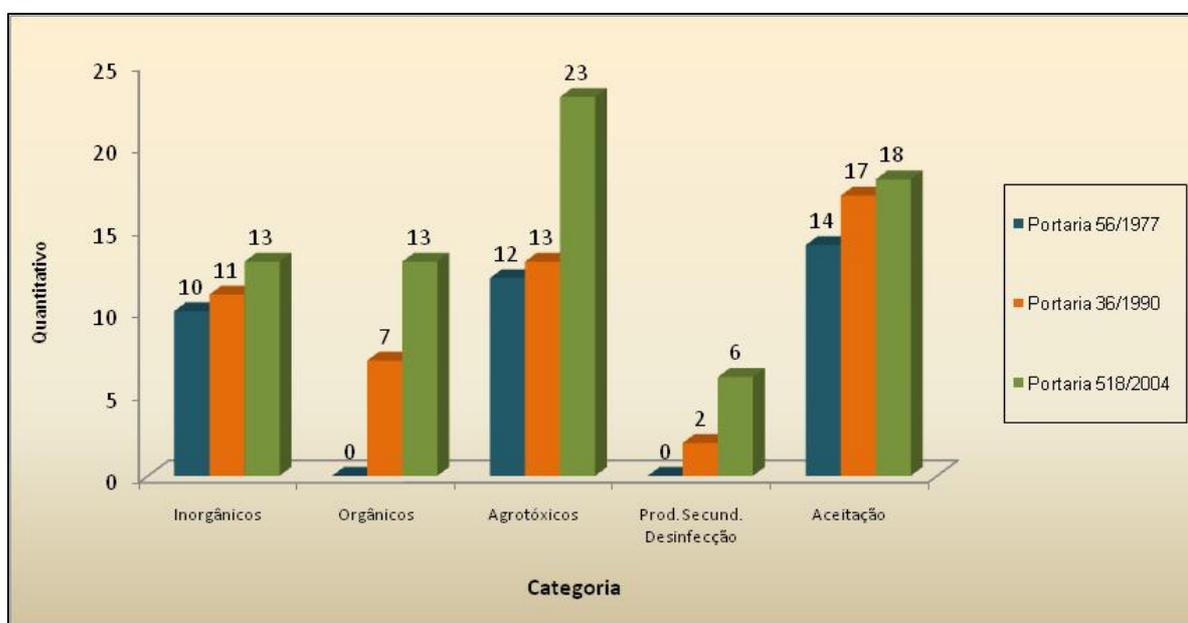
de 29 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2001). Importantes avanços foram alcançados com a publicação dessa portaria, em termos de atualidade técnica e científica, assim como em relação ao seu caráter de efetivo instrumento de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano (BASTOS *et al.* 2001).

Em junho de 2003, foi criada a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), que passou a assumir as atribuições do Centro Nacional de Epidemiologia (CENEPI), até então localizado na estrutura da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Em função desse novo arranjo estrutural do Ministério da Saúde, em 25 de março de 2004, a Portaria MS nº 1469/2000 foi revogada, entrando em vigor a Portaria MS nº 518/2004. Conforme já explicitado, as alterações processadas foram tão somente relacionadas à mudança de competências da FUNASA para a SVS e à prorrogação no prazo para que instituições e órgãos relacionados à legislação promovessem adequações necessárias ao cumprimento da Norma. Tais adequações referiam-se ao tratamento por filtração de água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização, bem como a obrigatoriedade de monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas (BRASIL, 2005a).

O atual padrão de potabilidade é composto por: (i) padrão microbiológico; (ii) padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; (iii) padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde; (iv) padrão de radioatividade (v) padrão de aceitação para consumo humano. Quanto às substâncias químicas que oferecem risco à saúde, a categorização ocorreu segundo sua tipologia (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção), com destaque para os agrotóxicos, que devido à sua relevância em termos de uso no país e risco à saúde, foram considerados em separado das demais substâncias orgânicas.

O padrão de aceitação para consumo humano (BRASIL, 2005a) foi definido com base em critérios de ordem estética e organoléptica e seu estabelecimento visa evitar a rejeição ao consumo da água e a busca por outras fontes, por vezes menos seguras sob a ótica da saúde. Assim, algumas substâncias químicas que também podem representar risco à saúde foram contempladas na Portaria MS nº 518/2004 como parte do padrão de aceitação para consumo humano. Isso ocorreu porque tais substâncias, embora apresentem risco à saúde, possuem limiar de percepção de gosto e odor em concentrações inferiores ao critério de saúde; isto é, são percebidos pelo consumidor, que rejeita a água por seu gosto ou odor, ainda que a concentração na água seja inferior ao VMP (BRASIL, 2006).

BASTOS (2003) fez uma análise da evolução do padrão de potabilidade brasileiro, apontando ligeiro aumento no número de parâmetros inorgânicos regulamentados. Todavia, para as substâncias orgânicas e, destacadamente os agrotóxicos, ressaltou significativo aumento ao se comparar as três portarias editadas, conforme se depreende da Figura 1. Esse acréscimo pronunciado no número de substâncias orgânicas regulamentadas é sinalizado pelo autor como consequência do intervalo de tempo entre as versões da legislação nacional e a rapidez da indústria de orgânicos/agrotóxicos em lançar novos produtos, fazendo com que no período de 1977 a 2000 várias substâncias chegassem ao mercado, mas ainda não estivessem contempladas na legislação. O autor destaca, ainda, que o avanço do conhecimento científico possibilita uma avaliação mais apropriada dos riscos à saúde relacionados às substâncias químicas, orientando, portanto, a atualização dos VMP.



**Figura 1. Evolução do padrão de potabilidade brasileiro, em termos do número de parâmetros contemplados**

FONTE: Adaptado de Bastos (2003)

NOTA: Embora o heptacloro epóxido seja metabólito do heptacloro, tais substâncias foram quantificadas de maneira independente, na Portaria MS nº 518/2004.

Com a divulgação da terceira Edição dos Guias da OMS em 2004 e considerando-se o prazo previsto na Portaria MS nº 518/2004 (cinco anos para a revisão da legislação nacional) fica evidente a importância de que as autoridades de Saúde Pública brasileiras estejam alertas para as novas tendências internacionais expressas no

documento, quando da atualização da referida legislação<sup>5</sup>. Entretanto, ainda que os guias da OMS auxiliem, sobremaneira, na revisão da legislação nacional, é importante observar que, conforme expresso em sua última edição (WHO, 2008), os parâmetros e respectivos valores recomendados são apenas indicativos. Os países devem priorizar parâmetros e definir VMP segundo suas necessidades e características, inclusive protegendo os grupos mais vulneráveis.

---

<sup>5</sup> A revisão da Portaria MS nº 518/2004 encontra-se em desenvolvimento, coordenada pelo Ministério da Saúde, através da Secretaria de Vigilância em Saúde/Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador e a previsão é que o processo seja concluído ainda em 2010.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Aspectos Gerais**

No que se refere aos seus objetivos e procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser classificada como exploratória e bibliográfica, respectivamente, pois foi realizada mediante revisão e sistematização de literatura nacional e internacional sobre o tema (GIL, 1991 apud SILVA; MENEZES, 2001, p. 21).

Em termos da forma de abordagem do problema, a pesquisa apresenta caráter qualitativo, embora tenha utilizado algumas técnicas estatísticas básicas. A análise dos dados foi conduzida de maneira indutiva, em que o cerne da abordagem é constituído pelo próprio processo e seu significado (SILVA; MENEZES, 2001).

Pretende-se que a metodologia proposta para o desenvolvimento desta pesquisa possa ser utilizada na fundamentação de decisões regulatórias concernentes ao padrão de potabilidade brasileiro.

O trabalho foi desenvolvido em cinco etapas, sendo a primeira delas uma análise entre a versão mais atual da legislação brasileira (BRASIL, 2005a) e a terceira edição dos Guias da OMS (WHO, 2008). Foram consideradas, ainda, as experiências dos Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia e Austrália, em virtude dos mesmos utilizarem os pressupostos da metodologia de avaliação de risco e por serem considerados como referências internacionais na definição de padrões de potabilidade. Adicionalmente, foi feita uma breve comparação entre o padrão brasileiro e os padrões da Argentina, Uruguai, Chile e Venezuela. As quatro etapas seguintes foram conduzidas de forma associada às etapas da Metodologia de Avaliação de Risco (USEPA, 1990), a partir da sistematização das informações e discussão dos resultados, conforme esquematizado na Figura 2.

Ao considerar o aspecto de saúde pública que o tema desta pesquisa representa, o princípio da precaução foi considerado como premissa norteadora em todo o trabalho. Além disso, do ponto de vista de danos potenciais à saúde humana foram assumidos, sempre, os piores cenários.

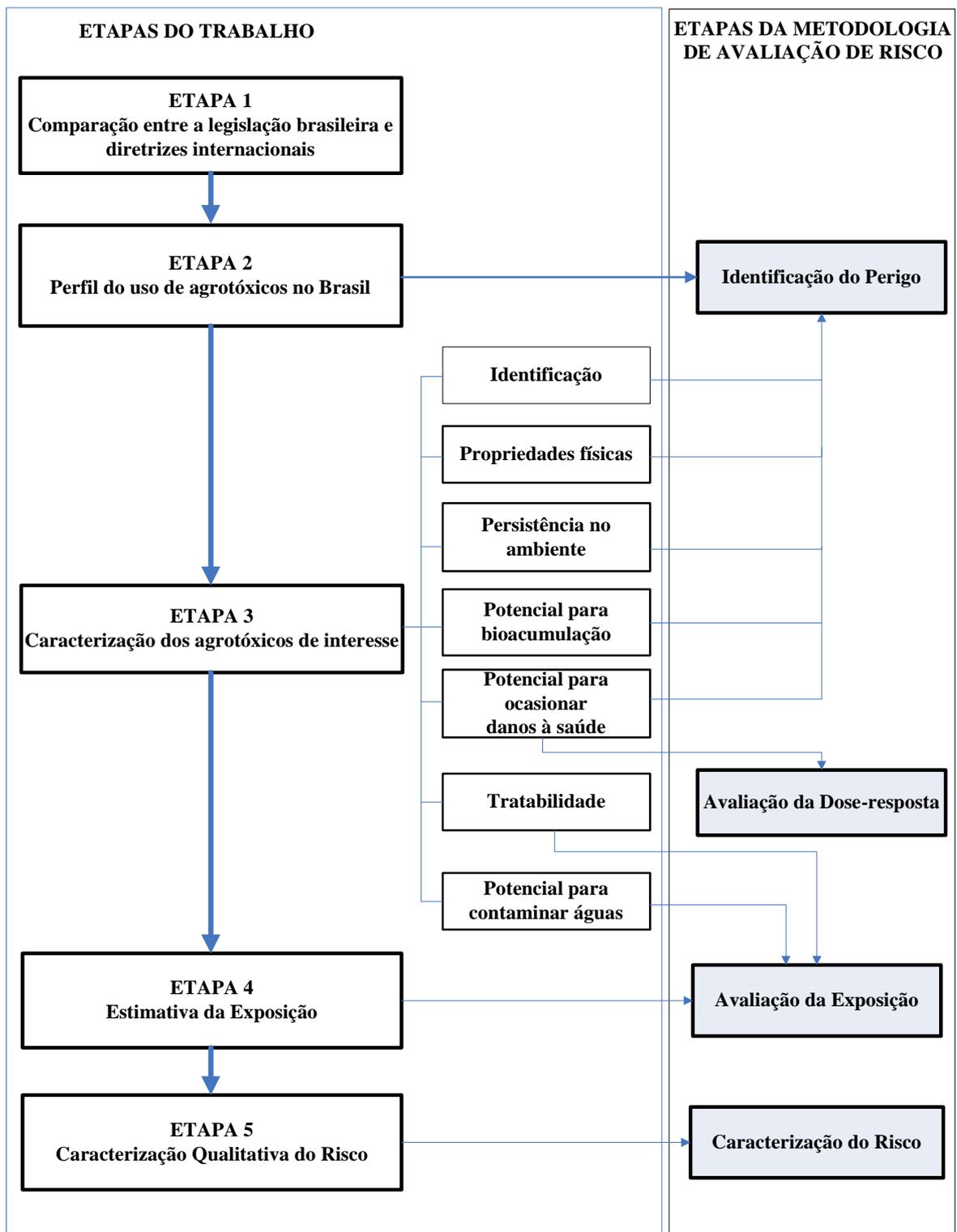


Figura 2. Estrutura do trabalho e correspondência com as etapas da Metodologia de Avaliação de Risco

## **Etapa 1 – Análise comparativa entre o padrão de potabilidade brasileiro para agrotóxicos e diretrizes internacionais**

Nesta etapa foi feito um estudo comparativo entre a legislação brasileira para agrotóxicos e as diretrizes sinalizadas pela OMS, bem como aquelas preconizadas pelos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia. Em termos de Mercosul, a norma brasileira foi comparada à da Argentina, Chile, Uruguai e Venezuela.

## **Etapa 2 – Perfil do uso de agrotóxicos no Brasil**

Foi traçado o perfil do uso/comercialização de agrotóxicos no Brasil, em termos quantitativos e qualitativos, com ênfase nas culturas mais relevantes e propriedades toxicológicas dos princípios ativos mais utilizados.

## **Etapa 3 – Caracterização dos agrotóxicos de interesse**

Para subsidiar a identificação de perigos associados ao consumo de água contendo agrotóxicos, 51 substâncias foram consideradas no trabalho, mediante a divisão em três grupos, assim categorizados:

- **Grupo 1:** substâncias referenciadas no atual padrão de potabilidade nacional (n= 23);
- **Grupo 2:** substâncias com valores guias indicados pela OMS e não coincidentes com aquelas sinalizadas no Grupo 1 (n = 19);
- **Grupo 3:** substâncias destacadas, em termos da intensidade de uso no Brasil (em 2005), mas não relacionadas no padrão de potabilidade nacional nem nos valores guias preconizados pela OMS (n = 9).

Os aspectos considerados na caracterização das substâncias foram:

- i) identificação, propriedades físicas, persistência<sup>6</sup> no ambiente, potencial para bioacumulação<sup>7</sup> e tratabilidade<sup>8</sup>;
- ii) potencial para ocasionar danos à saúde humana, mediante a classificação das substâncias quanto à carcinogenicidade e posterior utilização de pesos para diferentes critérios toxicológicos e obtenção do chamado *Nível de Toxicidade* para as substâncias tidas como não carcinogênicas ou

---

<sup>6</sup> Persistência no ambiente: propriedade relacionada à degradação do agrotóxico no solo ou na água.

<sup>7</sup> Bioacumulação: capacidade do agrotóxico em se acumular nos organismos vivos (vegetais ou animais).

inclassificáveis quanto às evidências cancerígenas, possibilitando, posteriormente, uma estratificação dentre aquelas avaliadas;

iii) potencial para contaminação de águas subterrâneas, a partir de informações disponibilizadas pelo Departamento de Saúde do estado norte-americano da Califórnia, via página eletrônica do *Pesticide Action Network* (PAN);

iv) potencial de algumas substâncias para contaminação de águas superficiais e subterrâneas, segundo resultados de trabalhos nacionais que utilizaram modelos de predição para a movimentação de agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas.

#### **Etapa 4 – Estimativa da exposição**

Nesta etapa foram apresentados e discutidos aspectos relacionados à exposição aos agrotóxicos, destacadamente via ingestão de água. Foi conduzida uma breve análise dos VMP de algumas substâncias do Grupo 1 e os respectivos percentuais relacionados à contribuição da água de consumo humano, a partir dos valores de IDT relacionados pela ANVISA. Para algumas substâncias também foram obtidos diferentes VMP, segundo valores distintos de IDT e considerando cinco situações para as quais foram alocados valores diferenciados para volume de água ingerido diariamente, massa corporal média do indivíduo e percentual de contaminante (em relação à ingestão diária tolerável - IDT) atribuído ao consumo de água.

#### **Etapa 5 – Caracterização qualitativa do risco**

Os resultados obtidos nas etapas anteriores foram discutidos à luz da importância de se definir estratégias para priorizar agrotóxicos, em legislações de potabilidade de água no Brasil, tendo em vista a complexidade envolvida com esta temática e os riscos inerentes ao consumo de água com agrotóxicos. Foram abordadas, ainda, algumas questões relacionadas ao gerenciamento de riscos para estas substâncias e as implicações diretas para a revisão/atualização permanente da legislação brasileira de potabilidade de água.

---

<sup>8</sup> Tratabilidade: neste caso entendida como a capacidade de remoção de agrotóxicos da água.

## **4.2. Detalhamento e obtenção dos dados**

### **4.2.1. ETAPA 1 – Análise comparativa entre o padrão de potabilidade brasileiro para agrotóxicos e diretrizes internacionais**

As informações necessárias ao desenvolvimento desta etapa foram obtidas mediante consultas a diversas referências bibliográficas. No que se refere às diretrizes e normas de potabilidade de água, foram feitas consultas aos documentos oficiais da OMS e de diversos países, bem como outros documentos relacionados: guias da OMS para qualidade de água (WHO, 2008), guias para qualidade da água no Canadá (HEALTH CANADA, 2008), diretrizes para a Comunidade Européia (COUNCIL DIRECTIVE, 1998), Portaria MS nº 518/2004 (BRASIL, 2005a), padrões primários de qualidade da água para os EUA (USEPA, 2009b), diretrizes australianas (NHMRC (2004), padrão neozelandês (MINISTRY OF HEALTH, 2008), documento que referencia o padrão de potabilidade japonês (WAKAYAMA, [entre 2003 e 2009]), Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2008), Norma Chilena Oficial (INN, 2006), Norma Interna de Qualidade de Água Potável - Uruguai (OSE, 2006) e Normas Sanitárias de Qualidade de Água Potável - Venezuela (MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL, 1998).

### **4.2.2. ETAPA 2 – Perfil do uso de agrotóxicos no Brasil**

Os dados referentes ao uso preponderante dos agrotóxicos, grupo químico relacionado e classificação toxicológica foram obtidos junto à Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). No âmbito nacional, a ANVISA configura-se como a principal referência sobre agrotóxicos, visto que essas substâncias constituem uma das áreas de atuação da referida agência, no que tange à regulação, controle e fiscalização da produção e comercialização no país (ANVISA, 2009b).

Os dados quantitativos e qualitativos sobre a agricultura nacional e o consumo de agrotóxicos no Brasil, entre os anos de 2000 e 2007, foram obtidos de fontes oficiais do Governo Federal, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MMA/IBAMA), bem como de Sindicato/Associação de produtores de agrotóxicos, a saber: Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) e Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a

Defesa Agrícola (SINDAG). Tais dados foram sistematizados e apresentados segundo diferentes considerações:

- faturamento da indústria de agrotóxicos, no ano de 2007, frente ao faturamento de outros segmentos da indústria química brasileira e a evolução do faturamento líquido da indústria de agrotóxicos no Brasil, para o período de 1990 a 2007, a partir de informações divulgadas pela ABIQUIM;
- comercialização de agrotóxicos no país segundo a classe de uso, para os anos de 2007 e 2008, obtidos junto ao SINDAG;
- ingredientes ativos dos agrotóxicos mais consumidos no país, no período compreendido entre 2000 e 2005, segundo dados do IBAMA;
- distribuição percentual dos ingredientes ativos de agrotóxicos, segundo três diferentes classes de uso, para o ano de 2005, mediante dados obtidos junto ao IBGE;
- estados brasileiros com maiores volumes de venda de agrotóxicos no Brasil, no período de 1999 a 2001 (média do período) e no ano de 2006, a partir de informações do MMA e do SINDAG;
- estados brasileiros com maiores consumos de ingredientes ativos (agrotóxicos e afins), para dois períodos distintos: 2000 e 2005, segundo o IBAMA e o IBGE;
- séries históricas das áreas plantadas (culturas temporárias e permanentes), em hectare, para o período de 2000 a 2007, segundo os sete estados da federação com maiores volumes de vendas de agrotóxicos, no ano de 2006, assim como segundo a média brasileira. Foram calculadas, também, as variações percentuais de área plantada, no Brasil e nos estados, no período compreendido entre os anos de 2000 e de 2007. Para tanto, foram utilizadas as informações disponibilizadas pela página eletrônica do IBGE, no *Banco de dados agregados para agricultura*;
- percentual de contribuição das principais culturas nacionais, em relação ao montante de agrotóxicos comercializados no país, no ano de 2006, segundo dados do SINDAG;
- série histórica para a intensidade de uso de agrotóxicos no país (em kg/ha), no período de 2000 a 2005, a partir de dados do IBAMA e do IBGE;
- intensidade de uso de agrotóxicos (em kg/ha) para as diferentes Unidades da Federação, no ano de 2005;

- comparação entre a intensidade de uso de agrotóxicos e afins em dois períodos: 2000 e 2005, segundo as diferentes regiões do país.

Os fabricantes de agrotóxicos e afins devem prestar informações ao IBAMA, ANVISA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sobre a produção e comercialização de agrotóxicos no Brasil. A frequência para o envio de tais informações é semestral e em setembro de 2008 foi publicada a Portaria nº 26, tornando obrigatório o uso do Sistema Eletrônico de Relatórios Semestrais para o repasse das informações pelos fabricantes (BRASIL, 2008). Antes dessa portaria, o envio das informações ocorria mediante o encaminhamento de relatórios em papel, cujos dados eram posteriormente consolidados pelos órgãos citados.

Entretanto, as informações acerca da intensidade de uso de agrotóxicos no país não são prontamente disponibilizadas pelo Governo Federal (ANVISA, IBAMA e MAPA) e, especificamente para a ANVISA, sob a alegação de que algumas das informações prestadas pelos fabricantes são consideradas sigilosas e, portanto, não podem ser divulgadas. Como consequência, a obtenção de tais informações desagregadas por estado, cultura e princípio ativo, para os últimos três anos, ficou inviabilizada. Assim, ficam alguns questionamentos: como definir substâncias prioritárias, se não se sabe, ao certo, quais e onde tais substâncias são utilizadas? Por que informações tão importantes para o efetivo gerenciamento de riscos do uso de agrotóxicos e para a definição de políticas públicas relacionadas ao tema não podem ser divulgadas? A justificativa de sigilo comercial não parece convincente.

Em virtude do exposto, as informações sobre o índice de consumo de agrotóxicos e afins; isto é, o quantitativo de substâncias utilizadas por área cultivada, cuja unidade de mensuração é kg/ha, disponíveis para os anos 2000 e 2005 foram utilizadas para extrapolar e estimar os índices para 2007, em todas as unidades da Federação. Duas estimativas diferentes para o consumo em 2007 foram obtidas, segundo distintas abordagens:

- utilização do valor médio referente aos índices dos anos 2000 e 2005, pois se verificou que os índices gerais para o Brasil, no período compreendido entre 2000 e 2005 (disponíveis para todos os anos) apresentaram valores compatíveis com o valor médio dos anos 2000 e 2005. Assim, de posse das informações sobre área plantada de agricultura permanente e temporária, nas diferentes unidades da Federação, no ano de 2007, foi possível estimar o quantitativo de agrotóxicos consumidos no país, pelos diferentes estados, bem como o total do país;

- utilização do valor referente ao índice apresentado para o ano 2005, tendo em vista a pequena variação das áreas plantadas nos estados e no Brasil, no período 2005-2007 e a suposição de que a magnitude dessa variação possa ser considerada pequena o suficiente para utilização dos índices de consumo de 2005, que dizem respeito ao último ano com informações disponíveis.

O *Sistema de Informações sobre Agrotóxicos SIA* é mantido pela ANVISA, em parceria com o MAPA e o MMA, por meio do IBAMA. Esse sistema pode ser acessado no endereço eletrônico da ANVISA ([www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)) e possibilita algumas informações acerca de todos os agrotóxicos registrados no país. Dentre tais informações, destacam-se as culturas autorizadas para o uso dos agrotóxicos, classes de uso, grupo químico, assim como classificação toxicológica e ambiental. Os dados disponibilizados pelo SIA foram utilizados para caracterização dos ingredientes ativos autorizados no uso das seis principais culturas nacionais com maiores volumes de vendas de agrotóxicos (em mil dólares), no ano de 2006. Tal caracterização foi conduzida em termos do número de ingredientes autorizados, pelo Governo Federal, o percentual de ingredientes segundo a classe toxicológica e segundo os principais grupos químicos (ANVISA, 2009c). A partir dessa caracterização, foi possível construir um gráfico comparativo entre as diferentes culturas e a distribuição percentual dos ingredientes ativos, atualmente com autorização de uso, segundo as distintas classes toxicológicas.

#### **4.2.3. ETAPA 3 – Caracterização dos agrotóxicos de interesse**

A caracterização dos agrotóxicos que compreendem os três grupos avaliados neste trabalho foi feita mediante a realização de extensa revisão de literatura junto às seguintes fontes: ANVISA, Organização Mundial de Saúde (OMS)/*World Health Organization* (WHO), Organização Internacional do Trabalho (OIT)/*International Labour Organization* (ILO), Agência Internacional para a Pesquisa do Câncer/*International Agency for Research on Cancer* (IARC) e *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Adicionalmente, foram consultados os bancos de dados de outros tipos de agências e organizações afetas ao tema, como: Agência de Registro de Substâncias Tóxicas e de Doenças/*Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR), *Pesticide Action Network* (PAN), *Extension Toxicology Network* (EXTONET) e Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>). Esses bancos de dados configuram-se, em alguns casos,

como um consolidado ou compilado das informações científicas disponibilizadas por importantes e diferentes fontes, como a USEPA, IARC e WHO.

A ANVISA disponibiliza monografias com diversas informações técnicas para os agrotóxicos cujo uso é autorizado no país. Nesta etapa do trabalho, tais monografias foram utilizadas juntamente com os dados disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Agrotóxicos (SIA), na obtenção de algumas informações, sobretudo quanto às substâncias autorizadas para uso no Brasil e culturas relacionadas (ANVISA, 2009c; 2009f).

O Programa Internacional de Segurança Química, ou *International Programme on Chemical Safety* (IPCS) abrange três importantes organizações de cooperação internacional: WHO, OIT e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme* - UNEP), em conjunto com a comissão de países da Comunidade Européia. O estabelecimento de “fichas” de segurança química ou *International Chemical Safety Card* (ICSC) constitui uma iniciativa do IPCS. Esses “cartões” oferecem informações essenciais para o uso seguro das substâncias químicas, compreendendo questões como o perigo intrínseco de produtos específicos e segurança no manuseio, transporte e armazenamento. As informações contidas nas fichas são elaboradas e revisadas por grupos de cientistas vinculados ao IPCS e de instituições participantes de diversos países (ILO, 2009) e também serviram como fonte de informação (IPCS, 2009).

A IARC ([www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)) está inserida na estrutura da OMS. Sua missão configura-se na coordenação e condução de pesquisas sobre substâncias causadoras de câncer em seres humanos, os mecanismos inerentes ao processo carcinogênico, bem como o desenvolvimento de estratégias científicas para prevenção e controle da doença (IARC, 2009a). Informações sobre estudos toxicológicos, bem como a classificação carcinogênica das substâncias foram obtidos junto à IARC.

A ATSDR é uma agência dos Estados Unidos que enfoca seu trabalho nos efeitos deletérios à saúde pública advindos da exposição a substâncias presentes no ambiente. Dentre suas metas destaca-se a proteção das populações contra os riscos ambientais de exposições a substâncias tóxicas e a promoção de ambientes saudáveis. Podem ser incluídas como atribuições da ATSDR, dentre outras, a realização de avaliações de risco de substâncias, vigilância à saúde, respostas a emergências, desenvolvimento e divulgação de estudos (ATSDR, 2009). Informações relacionadas

aos resultados de estudos toxicológicos de diversas substâncias foram obtidas mediante acesso a documentos da ATSDR.

O *Pesticide Action Network / PAN - Pesticide Database* ([www.pesticideinfo.org](http://www.pesticideinfo.org)) refere-se a uma consolidação feita a partir de extenso conjunto de informações sobre agrotóxicos, obtidos de diferentes fontes. As informações são sistematizadas e permitem razoável comparabilidade entre as fontes que originaram os dados, possibilitando, também, o acesso direto a tais fontes, quando há bases de dados disponíveis na rede mundial de computadores. Dentre as principais informações dos princípios ativos e subprodutos passíveis de serem obtidas destacam-se: identificação, caracterização, usos, rotas de exposição, sinais e sintomas, toxicidade humana (aguda e crônica) e ecotoxicidade.

Destaca-se, entretanto, que os produtos registrados para uso nos Estados Unidos possuem um conjunto mais detalhado de informações disponíveis. Outra questão a ser observada é que a última atualização do site ocorreu em setembro de 2008 e uma grande maioria dos dados são referenciados a abril de 2005. Os dados apresentados são, necessariamente, resultados de estudos científicos já publicados e a maioria desses dados foi extraída de fontes oficiais com reconhecida importância, em termos das evidências sinalizadas, como: USEPA, WHO, *National Toxicology Program* (NTP), *National Institutes of Health* (NIH) e IARC, além da União Européia e o estado da Califórnia (PAN, 2008).

Um projeto de cooperação entre universidades dos Estados Unidos deu origem à página da EXTTOXNET (<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/exttoxnet>), que é mantida mediante cooperação entre as seguintes instituições: Universidade Cornell, Universidades dos estados de Michigan e Oregon e Universidade da Califórnia. O principal apoio financeiro desta página foi dado pelo Departamento de agricultura dos Estados Unidos, ou *United States Departamento of Agriculture* (USDA).

Outra fonte de informações utilizada foi a página da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>), que oferece a possibilidade de consulta a diferentes bases de dados sobre substâncias químicas.

**i) Identificação, propriedades físicas, persistência no ambiente, potencial para bioacumulação e tratabilidade**

A identificação preliminar/classificação toxicológica das substâncias foi obtida junto à ANVISA (2009c; 2009f) ou, quando não disponível, foi utilizada a classificação da OMS, via consulta à página do PAN (PAN, 2009a).

A classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos, estabelecida na Portaria Normativa do IBAMA, n° 84, de 15 de outubro de 1996, baseia-se nos parâmetros de persistência, bioacumulação, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico (BRASIL, 1996). A classificação ambiental dos agrotóxicos depende das características dos constituintes do produto formulado, não sendo disponibilizado, para cada ingrediente ativo, individualmente. Dessa forma, foi feita uma sistematização mais geral para as substâncias dos Grupos 1 e 2, a partir de informações de diversas referências, sobre a persistência e potencial para bioacumulação. Além disso, foi feito um detalhamento para todas as substâncias do Grupo 3, quanto ao potencial de periculosidade ambiental para os produtos formulados à base dos ingredientes ativos que compõem o referido grupo. O mesmo exercício foi feito para as substâncias dos Grupos 1 e 2 que possuem autorização de uso no Brasil.

Quanto às propriedades físicas, os agrotóxicos foram classificados segundo: (a) solubilidade em água; (b) meia-vida; (c) coeficiente de adsorção no solo (Koc) e (d) Constante de Henry.

Nos casos em que havia mais de uma referência disponível, foram utilizadas aquelas mais recentes. Nas situações em que as propriedades físicas estavam referenciadas em termos de intervalos de valores (essencialmente para Koc e meia-vida), foram considerados os valores que corresponderiam ao pior cenário, do ponto de vista da potencialidade em contaminar águas.

A premissa inicial na obtenção das informações referentes às propriedades físicas e persistência no ambiente foi utilizar dados nacionais. Entretanto, as monografias das substâncias autorizadas para uso no Brasil e disponibilizadas pela ANVISA não apresentam essas informações para os princípios ativos. Nesses casos, assim como nos demais em que não foram encontradas fontes disponíveis no Brasil, as informações foram obtidas a partir do acesso aos documentos disponibilizados na página eletrônica do PAN (PAN, 2009a). Na ausência de informações no PAN, foram

consultadas outras bases de dados (ATSDR, 2008; EXTOXNET, 2010; HEALTH CANADA, 2010; IPCS, 2009; TOXNET, 2010; USEPA, 2010). As informações sobre tratabilidade da água contaminada por agrotóxicos foram obtidas, principalmente, junto à OMS (WHO, 2008).

## **ii) Potencial para ocasionar danos à saúde humana**

A potencialidade dos agrotóxicos em causar danos à saúde humana foi verificada a partir de informações toxicológicas dos diferentes princípios ativos que constam na legislação brasileira (Grupo 1), daqueles que possuem valor guia sinalizado pela OMS (Grupo 2), assim como daqueles com uso substancial no Brasil em 2005 e que, presumivelmente, a tendência de consumo se manteve nos últimos anos (Grupo 3), mas que não figuram nas duas primeiras relações.

Tendo em vista a importância de estimar a ocorrência de danos à saúde advindos da exposição aos agrotóxicos, notadamente via ingestão de água, as substâncias foram inicialmente categorizadas segundo o critério toxicológico de *Carcinogenicidade*, como: (i) não carcinogênico; (ii) inclassificável; (iii) possível; (iv) provável; (v) carcinogênico.

Esta diferenciação das substâncias avaliadas quanto à carcinogenicidade justifica-se pelo fato de que o estabelecimento de padrões de potabilidade de água para substâncias carcinogênicas genotóxicas ou não carcinogênicas pressupõe distintas considerações. Adicionalmente, os princípios ativos que apresentam evidências de carcinogenicidade e que ainda possuem autorização de uso, no Brasil, configurariam um conjunto de substâncias para quais deve ser dada especial atenção, ao se pensar na definição/atualização do padrão de potabilidade nacional.

### **Carcinogenicidade**

A carcinogenicidade representa a capacidade de determinadas substâncias químicas, como os agrotóxicos, em causar câncer e tem sido estabelecida mediante estudos de diferentes instituições, como USEPA e IARC. Os resultados obtidos pelos referidos estudos são avaliados por grupos de cientistas e as evidências científicas permitem classificar as substâncias em diferentes categorias (PAN, 2005).

De acordo com a IARC, as substâncias avaliadas são classificadas em quatro grupos, sendo o Grupo 2 subdividido em 2A e 2B (IARC, 2009a):

- Grupo 1: o agente é cancerígeno para humanos

- Grupo 2A: o agente é, provavelmente, cancerígeno para humanos
- Grupo 2B: o agente é, possivelmente, cancerígeno para humanos
- Grupo 3: o agente não é classificável quanto à sua carcinogenicidade para humanos
- Grupo 4: o agente provavelmente não é cancerígeno para humanos

Em princípio, a categorização da IARC foi a adotada neste trabalho. Entretanto, verifica-se que para a maioria das substâncias há divergências entre as informações apontadas pela classificação da IARC e as informações de outras agências. Em outros casos, a substância não está relacionada dentre os grupos do IARC. Dentre os 51 princípios ativos considerados, apenas sete apresentaram o mesmo enquadramento para potencial carcinogênico, nas duas fontes mencionadas. Para as substâncias com informações divergentes, assim como referenciado para a toxicidade aguda, foram utilizados os dados disponíveis no PAN, considerados mais conservadores, com a devida correspondência para a nomenclatura da IARC, de modo que:

- Elevada (PAN) = Carcinogênico (IARC)
- Possível (PAN) = Possível (IARC)
- Improvável (PAN) = Não carcinogênico (IARC)
- Evidências Científicas Insuficientes (PAN) = Inclassificável (IARC)

As substâncias cujo conhecimento científico atual as classifica como não carcinogênicas ou inclassificáveis foram categorizadas segundo o denominado **Nível de Toxicidade**, mediante a utilização dos seguintes critérios toxicológicos:

#### **Toxicidade aguda**

Refere-se aos efeitos imediatos advindos da exposição aos agrotóxicos, em períodos que variam em até sete dias. As categorias de toxicidade aguda são definidas através da DL<sub>50</sub>, ou seja, a concentração da substância capaz de causar efeitos letais em 50% dos animais, num ensaio padronizado, submetidos à exposição oral ou dérmica (PAN, 2007). A OMS apresenta uma classificação das substâncias segundo os níveis de toxicidade aguda (WHO, 2005):

- Extremamente perigoso
- Altamente perigoso

- Medianamente perigoso
- Pouco perigoso
- Improváveis de apresentar perigo, em condições normais de uso

Uma relação dos ingredientes ativos que seriam improváveis de apresentar toxicidade aguda em condições normais de uso também são referenciados pela OMS. Entretanto, nem todos os ingredientes ativos são classificados em termos de sua toxicidade aguda, pela OMS, visto que são atualmente considerados como em desuso ou cujo uso seria descontínuo, ainda que o registro seja corrente nos Estados Unidos e, mesmo, no Brasil (PAN, 2007).

Neste trabalho foram utilizadas, essencialmente, as informações da OMS sobre a toxicidade aguda das substâncias. Entretanto, para as situações em que as substâncias não são referenciadas pela OMS ou o PAN indica categorização diferente da OMS (maior toxicidade), a partir de informações de outras agências, foram utilizados os apontamentos do PAN, com a devida correspondência para a nomenclatura da OMS.

Cabe ressaltar que as informações sobre toxicidade aguda disponibilizadas pelo PAN referem-se ao ingrediente ativo puro, podendo não configurar a toxicidade do agrotóxico individualmente, mas foram utilizadas neste trabalho como a melhor aproximação para dada substância. Para categorização dos níveis de toxicidade aguda, o PAN utiliza o termo tóxico em lugar de perigoso (WHO, 2005), sendo este último o adotado no trabalho.

### **Toxicidade reprodutiva e desenvolvimento**

Refere-se à capacidade de alguns agrotóxicos em interferir negativamente na reprodução e desenvolvimento de indivíduos. As informações disponibilizadas pelo PAN, e utilizadas neste trabalho, foram obtidas mediante estudos desenvolvidos pela EPA e pelo estado norte-americano da Califórnia. Cabe ressaltar que a ausência de determinadas substâncias na relação daquelas que apresentam toxicidade reprodutiva não implica, necessariamente, em ausência de perigo, mas tão somente que a substância pode ainda não ter sido avaliada (PAN, 2005).

### **Desregulação endócrina**

Diversas substâncias químicas apresentam a capacidade de interferir no funcionamento de hormônios em humanos e animais, ocasionando distúrbios metabólicos, redução da fertilidade ou esterilidade, alterações do desenvolvimento e

defeitos congênitos. Muitas substâncias ainda não foram avaliadas ou seus dados ainda não estão disponíveis, razão pela qual podem não figurar dentre a relação de perturbadores endócrinos. Além disso, em virtude de ainda não existirem “listas oficiais” de disruptores endócrinos a designação utilizada pelo PAN, e considerada neste trabalho, refere-se a agrotóxicos suspeitos de causarem desregulação endócrina (PAN, 2005).

### **Inibição de colinesterase eritrocitária**

Alguns agrotóxicos podem interferir no funcionamento da enzima acetilcolinesterase, cuja função é hidrolizar (quebrar) a acetilcolina liberada pelo terminal pré-sináptico. A inibição excessiva dessa enzima acarretará o aumento do neurotransmissor acetilcolina e estímulo adicional dos receptores colinérgicos, ocasionando sintomas de neurotoxicidade (POPE; KARANTH; LIU, 2005). Os dados utilizados neste trabalho, no que se refere à propriedade dos agrotóxicos em inibir a colinesterase, foram obtidos na página do PAN, mediante informações disponibilizadas pelo Departamento de Regulação de Agrotóxicos da Califórnia / *California Department of Pesticide Regulation - DPR* (PAN, 2005).

Posteriormente, as substâncias definidas como **não carcinogênicas** ou **inclassificáveis** foram categorizadas segundo o **Nível de Toxicidade**. Para isso, foram atribuídos pesos (p) que variaram entre 0 e 6 para os critérios de *Toxicidade aguda*, *Toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento* e *Disrupção Endócrina*. Para o critério *Inibição de Colinesterase* os pesos (p) foram 0 e 3 (para não e sim, respectivamente). As variações dos pesos foram consideradas segundo a menor ou maior intensidade da categoria em causar problemas de saúde, a partir do conhecimento científico acumulado sobre as substâncias, já amplamente difundido pela comunidade científica internacional. A Tabela 7 apresenta os critérios utilizados no trabalho, bem como as categorias e respectivos pesos relacionados.

**Tabela 7. Critérios toxicológicos utilizados e pesos atribuídos**

<b>Critérios</b>	<b>Categorias</b>	<b>Peso (p)</b>
Toxicidade aguda	Sem toxicidade, em condições normais de uso	0
	Pouco perigoso	1
	Medianamente perigoso	3
	Altamente perigoso	5
	Extremamente perigoso	6
Toxicidade reprodutiva e desenvolvimento	Sem toxicidade	0
	Evidências científicas insuficientes	3
	Tóxico	6
Disrupção endócrina	Não	0
	Evidências científicas insuficientes	3
	Sim	6
Inibição de colinesterase eritrocitária	Não	0
	Sim	3

Ainda que de maneira empírica, a atribuição de pesos às diferentes categorias possibilitou configurar uma estratificação (*ranking*) quanto à potencialidade das substâncias em causar danos à saúde humana (baixa, média e alta), a partir do somatório de todos os pesos (p) referentes aos quatro critérios considerados.

Considerando que o peso (p) de três categorias poderia variar entre 0 e 6 e que em uma categoria poderia variar entre 0 e 3, o somatório total (P) para cada substância poderia variar entre zero e vinte e sete (0 – 21). A partir desses valores limites, foram estabelecidos os seguintes intervalos correspondentes ao potencial dos agrotóxicos em trazer prejuízos à saúde humana:

**Baixo:  $0 \leq P < 7$**

**Médio:  $7 \leq P < 14$**

**Alto:  $14 \leq P \leq 21$**

Após efetuar o somatório P dos princípios ativos de interesse (sem evidências de carcinogenicidade ou inclassificáveis para esta categoria toxicológica), foi possível associar a cada um deles, o nível de toxicidade correspondente, isto é, o perigo intrínseco de cada substância para causar prejuízos à saúde, em virtude da exposição humana.

### iii) Potencial para contaminação de águas subterrâneas

Informações quanto ao potencial preditivo de contaminação da água subterrânea foram obtidas na página do PAN ([www.pesticideinfo.org](http://www.pesticideinfo.org)), quando estavam disponíveis para determinada substância. As informações constantes na referida fonte são baseadas principalmente nos dados fornecidos pelo DPR, que estima o potencial de contaminação da água de maneira indireta, considerando-se as seguintes propriedades dos agrotóxicos: solubilidade em água, meia-vida e coeficiente de adsorção no solo (PAN, 2006; 2009b).

Na metodologia utilizada pelo DPR, os agrotóxicos apresentarão potencial de lixiviação<sup>9</sup> para águas subterrâneas quando dois aspectos, um relacionado à mobilidade e outro à persistência do agrotóxico, forem verificados (BERGIN, 2009):

- **Quanto à mobilidade:**
  - solubilidade em água > 3 mg/L ou
  - coeficiente de adsorção no solo ( $K_{oc}$ ) < 1.900 cm<sup>3</sup>/g

e

- **Quanto à persistência:**
  - meia-vida na água > 14 dias ou
  - meia-vida no solo (aeróbico) > 610 dias ou
  - meia-vida no solo (anaeróbico) > 9 dias

A partir da metodologia estabelecida pelo DPR, o PAN ampliou o espectro da classificação dos agrotóxicos em termos do risco relativo de contaminação de águas subterrâneas, compreendendo três categorias (PAN, 2009b):

- **Potencial:** quando a substância apresenta elevada mobilidade e persistência, de acordo com os critérios do DPR.
- **Conhecido:** a substância apresenta as características de mobilidade e persistência definidas pelo DPR ou tem sido detectada em águas subterrâneas na Califórnia (ainda que não seja regulamentada nesse estado) ou em outros lugares;

---

<sup>9</sup> Lixiviação: refere-se ao movimento descendente (infiltração) do agrotóxico através do perfil do solo (WHITFORD *et al.* 2001)

- **Dado insuficiente:** não há comprovação científica para assegurar que o princípio ativo é um provável contaminante de águas subterrâneas. O termo utilizado neste trabalho para esta categoria foi: *evidências científicas insuficientes*.

A utilização das informações do PAN sobre o potencial preditivo de contaminação da água subterrânea teve por intuito obter uma sinalização inicial sobre tal propriedade dos agrotóxicos, ainda que se reconheça a existência de outras variáveis que também influenciariam, como a quantidade total aplicada e a formulação do produto (PAN, 2006), bem como outras questões regionais, como o tipo de solo, a temperatura e o período de aplicação.

#### **iv) Potencial de contaminação de águas**

Foi feito um levantamento de resultados de trabalhos nacionais que estimaram a potencialidade de agrotóxicos atingirem águas superficiais e subterrâneas, mediante o uso dos critérios da USEPA, do índice de GUS e do Método de GOSS. A partir desse levantamento, os resultados foram sistematizados e apresentados na forma de gráficos (para as águas subterrâneas) e tabela (para as águas superficiais). A princípio, pensou-se em estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos para potencial de contaminação de águas subterrâneas, via consulta ao PAN, e os resultados consolidados de estudos nacionais (USEPA e GUS), mas em virtude das diferenças entre os critérios considerados para essas fontes, tal comparação não foi efetuada.

#### 4.2.4.ETAPA 4 – Estimativa da exposição

O VMP para uma substância química, na água de consumo humano é, normalmente, determinado a partir da Equação 3 (WHO, 2008), a partir da definição da IDT e demais variáveis.

O valor da IDT é específico para cada princípio ativo e dependerá da existência ou não de NOAEL para a substância. Quanto às demais variáveis, a OMS preconiza que se não existirem dados confiáveis sejam utilizados os seguintes valores (WHO, 2008):  $mc = 60 \text{ kg}$ ;  $P = 20\%$  e  $C = 2L$ .

A partir dos valores de IDT disponibilizados nas monografias nacionais de ingredientes ativos (ANVISA, 2009f) e considerando a Equação 3, foi feita uma discussão em torno dos atuais VMP nacionais para algumas substâncias do Grupo 1, em termos dos percentuais da IDT atribuídos ao consumo de água.

Adicionalmente, foram estabelecidos cinco cenários diferentes, segundo valores distintos de IDT (dados pela ANVISA, EUA e Canadá). Para tais cenários foram determinados possíveis VMP de algumas substâncias dos Grupos 1, 2 e 3:

- i) **Grupo 1:** bentazona, endossulfam, endrin, glifosato, metoxicloro e simazina
- ii) **Grupo 2:** aldicarbe, carbofurano, clorpirifós, dimetoato, piriproxifem
- iii) **Grupo 3:** carbendazim, mancozebe, metamidofós, parationa metílica e tebuconazol.

As situações consideradas variaram segundo a alocação de conjuntos de valores diferenciados para  $mc$ ,  $P$  e  $C$ :

- **situação 1:**  $mc = 60 \text{ kg}$ ;  $P = 20\%$  e  $C = 2L$  (valores sugeridos pela OMS)
- **situação 2:**  $mc = 60 \text{ kg}$ ;  $P = 20\%$  e  $C = 1,5L$
- **situação 3:**  $mc = 70 \text{ kg}$ ;  $P = 20\%$  e  $C = 2L$
- **situação 4:**  $mc = 70 \text{ kg}$ ;  $P = 15\%$  e  $C = 2L$
- **situação 5:**  $mc = 10 \text{ kg}$ ;  $P = 20\%$  e  $C = 1L$  (valores a que corresponderiam a exposição de crianças)

#### **4.2.5.ETAPA 5 – Caracterização qualitativa do risco**

Esta etapa foi desenvolvida a partir dos resultados apresentados nas etapas anteriores e a discussão foi delineada em termos do reconhecimento dos riscos inerentes ao consumo de água contaminada por agrotóxicos, bem como na priorização de substâncias de interesse, ao se definir ou atualizar um padrão de potabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ETAPA 1 – Análise comparativa entre o padrão de potabilidade brasileiro para agrotóxicos e diretrizes internacionais

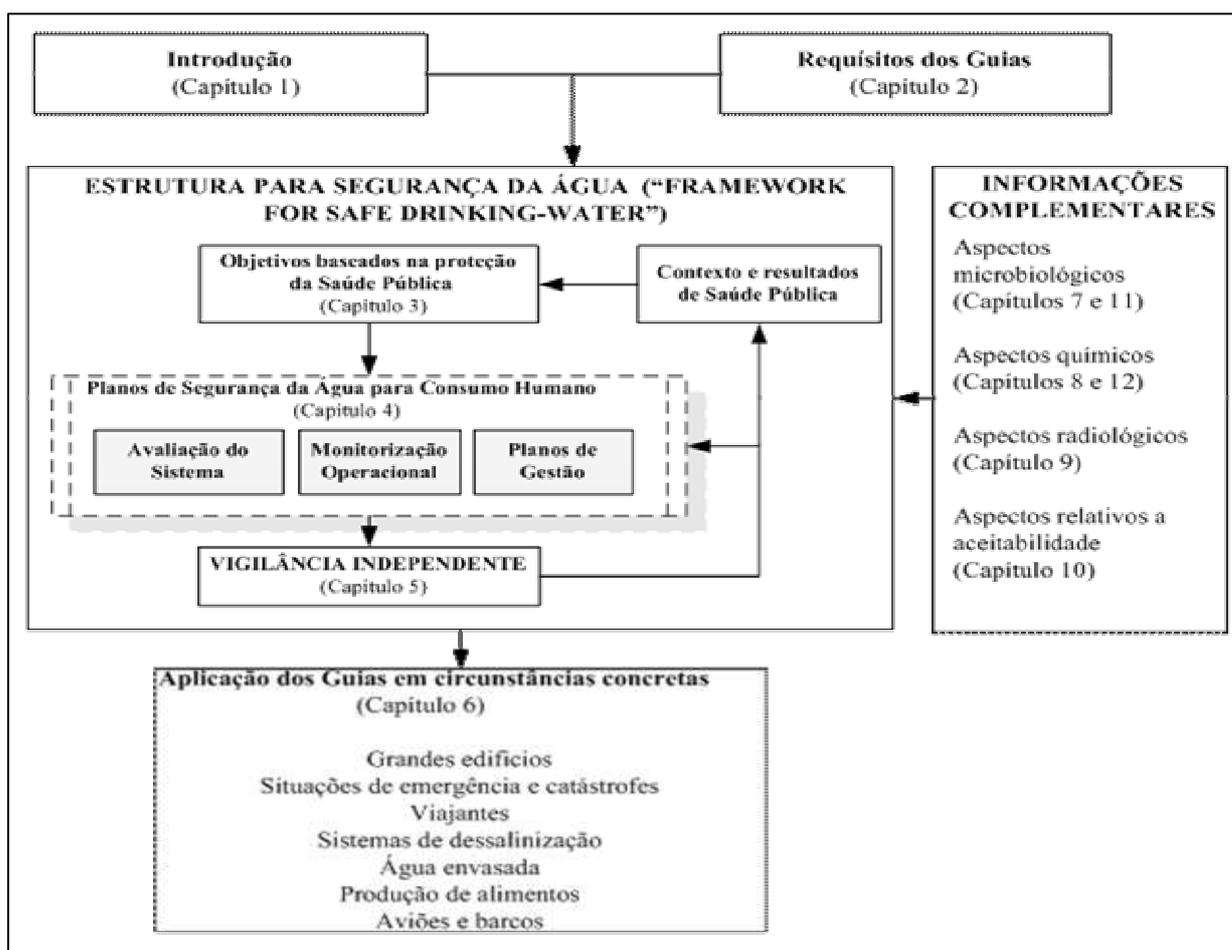
Bastos *et al.* (2001) apontam alguns critérios considerados na revisão da Portaria GM nº 36/1990, em termos da definição dos parâmetros químicos de interesse e seus respectivos VMP: (i) análise das evidências epidemiológicas, toxicológicas e dos riscos à saúde associados às diversas substâncias; (ii) intensidade de uso das substâncias químicas no país, incluindo daquelas utilizadas no tratamento da água; (iii) possibilidade de obtenção de padrões analíticos e a limitação de técnicas analíticas atualmente empregadas e (iv) comparação dos VMP em vigor, com os valores-guias da OMS, normas dos EUA, Canadá e da Comunidade Européia.

A OMS e a USEPA tem sido, nas últimas décadas, as principais referências mundiais no estabelecimento de diretrizes e padrões de potabilidade de água. Diversos países têm adotado ou adaptado os parâmetros e respectivos valores guias propostos por ambos, na definição de seus próprios padrões de potabilidade (PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000). London *et al.* (2005) apontam que muitos países adotam os mesmos valores guias recomendados pela OMS, devido à complexidade e aos custos para conduzir avaliações de risco próprias. Apesar do amplo desenvolvimento e aceitação desses guias e padrões ao longo dos anos, os processos envolvidos na definição e promulgação dos padrões e as formas de regulação tem sido muito diferentes entre os países e refletem a história e características de cada um deles (PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000).

No início da década de 80, a OMS publicou a primeira edição dos guias para qualidade da água para consumo humano e a segunda edição foi lançada em 1993, sendo publicados documentos relacionados, até o ano de 1997. Entre 1998 e 2002, outras referências foram publicadas pela OMS, notadamente com respeito a aspectos químicos e microbiológicos da água para consumo humano. Em 2000, foi elaborado um plano de trabalho com o intuito de preparar a terceira edição dos guias, cujo processo de revisão foi compartilhado pelos seis diferentes escritórios regionais da OMS. Em fins de 2004, foi lançado o volume I dos guias - Recomendações (WHO, 2004a), que em 2006 foi relançado com o primeiro adendo ao volume I (WHO, 2006) e, por fim, o segundo adendo, publicado em 2008 (WHO, 2008).

Os contaminantes químicos são categorizados pela OMS segundo a principal fonte de geração: (a) ocorrência natural; (b) fontes industriais e de assentamentos humanos; (c) utilizados na agricultura; (d) utilizados no tratamento da água ou que podem vir a entrar em contato com a água; (e) utilizadas na água contra vetores de doenças; (f) cianobactérias. No que tange aos agrotóxicos, a OMS referencia 75 substâncias, mas estabelece valores guias para apenas 33, em virtude de sua importância para a saúde pública (WHO, 2008).

A Figura 3 apresenta, de forma esquemática, o conteúdo da 3ª. Edição dos guias da OMS, em seus diferentes capítulos e a inter-relação entre os temas abordados. A garantia da qualidade da água para consumo humano é referenciada nos guias da OMS como algo mais amplo do que o mero cumprimento de um padrão de potabilidade que, embora relevante, deverá ser tomado como parte de uma abordagem mais ampla de proteção (múltiplas barreiras) e que incluiriam, dentre outros, a proteção dos mananciais de abastecimento e a garantia das boas práticas em todo o processo de produção de água potável, a partir dos chamados Planos de Segurança da Água - PSA (BASTOS, 2003).



**Figura 3. Inter-relação entre os diferentes capítulos que compõem os guias da OMS para assegurar a qualidade da água para consumo humano**  
 FONTE: Traduzido de WHO (2008)

O estabelecimento de um sistema de regulação da água de consumo humano, nos Estados Unidos, teve início com uma pesquisa sobre a qualidade da água consumida em 1914. A partir daí, algumas diretrizes para qualidade de água foram desenvolvidas em 1925, 1942 e 1962 pelo *United States Public Health Service – USPHS* (PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000). Por outro lado, o embasamento para a definição de padrões de potabilidade da água remonta ao *Safe Drinking Water Act* (SDWA), adotado pelo Congresso norte-americano em 1974, com o intuito de regular a qualidade da água utilizada para consumo humano. Nesse sentido, foi atribuída à USEPA a responsabilidade por estabelecer os padrões para prevenir ou limitar a exposição humana aos contaminantes naturais ou antropogênicos, presentes nos sistemas públicos de abastecimento (USEPA, 2004a).

As substâncias que compõem o atual padrão de potabilidade nos EUA estão compreendidas em dois grupos (USEPA, 2004b; 2009a):

- Padrão primário ou *National Primary Drinking Water Regulation* (NPDWR). De caráter mandatário, tem o intuito de proteger a saúde pública por meio da limitação dos níveis de contaminantes na água e agrupa seis categorias, dentre as quais se encontram os agrotóxicos.
- Padrão secundário ou *National Secondary Drinking Water Regulation* (NSDWR). Este grupo é não-mandatário e compreende as substâncias que podem causar efeitos estéticos ou não estéticos (gosto ou sabor).

Tarver (2008) assinala que os padrões de potabilidade nos Estados Unidos são fundamentados a partir de três quesitos principais: ciência, tecnologia e custos. Nesse sentido, o estabelecimento de padrões mandatários nos EUA pressupõe as seguintes etapas (USEPA, 2004b; USEPA, 2009a):

- Verificação da necessidade de regulação do contaminante, a partir de estudos que incluem informações sobre a intensidade de ocorrência no ambiente, efeitos à saúde e exposição humana;
- Definição de um limite desejável (meta), ou *Maximum Contaminant Level Goal* (MCLG), abaixo do qual não há nenhum risco à saúde conhecido ou esperado. Este limite não possui caráter obrigatório de atendimento, pois seu estabelecimento não leva em conta as tecnologias disponíveis para remoção e detecção da substância, mas somente o aspecto de saúde pública, com ênfase em grupos mais vulneráveis. Para substâncias químicas não carcinogênicas, o MCLG é obtido a partir da

denominada dose de referência, ou IDA (neste trabalho denominada de IDT). Quando há evidências de carcinogenicidade, o MCLG é definido como zero, se não for possível conhecer a dose abaixo da qual sua ingestão pode ser considerada segura;

- Definição de um limite mandatório, denominado *Maximum Contaminant Level* (MCL) ou uma técnica de tratamento, *Treatment Technique* (TT), que significa o procedimento requerido ou nível de desempenho necessário quando não há metodologia confiável para mensurar níveis muito baixos do contaminante. O MCL é definido o mais próximo possível do MCLG, considerando-se as tecnologias disponíveis e os custos inerentes. Em seguida, é feita uma análise econômica avaliando se os benefícios trazidos pelo estabelecimento de um padrão justificam os custos relacionados e o MCL pode ser ajustado ou não.

Os EUA possuem 53 substâncias orgânicas regulamentadas em seu padrão de potabilidade, dentre as quais 23 são agrotóxicos (USEPA, 2009b). A cada cinco anos, a USEPA estabelece uma relação de contaminantes cuja ocorrência na água seja conhecida ou esperada e, portanto, podem vir a constituir futuros parâmetros normatizados. Dessa lista de contaminantes candidatos, são identificados aqueles que prioritariamente serão submetidos a pesquisas adicionais e coleta de dados para sinalização sobre a necessidade de regulamentação (USEPA, 2004b).

Os guias de qualidade da água para consumo humano, no Canadá são desenvolvidos por um comitê atualmente chamado de *Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water* (CDW) e publicado pelo *Health Canada*. Os guias constituem uma referência nacional, mas possibilitam que as províncias os adotem segundo especificidades locais (PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000; HEALTH CANADA, 2008).

A definição dos parâmetros de interesse e respectivos valores guias levam em conta os resultados de investigações científicas relacionados aos efeitos à saúde provenientes da exposição aos contaminantes e à disponibilidade de tratamento e de tecnologias analíticas. As substâncias são avaliadas e devem atender a todos os critérios (HEALTH CANADA, 2008):

- exposição humana e ocorrência de efeitos adversos à saúde;
- frequência de detecção ou potencialidade em vir a ser detectada em um grande número de sistemas de abastecimento de água no país;

- detecção ou potencial em vir a ser detectada em níveis tais que possam ter relevante significado sanitário.

A definição do valor máximo aceitável ou *Maximum Acceptable Concentration* (MAC) para substâncias químicas no Canadá é semelhante ao modo como os EUA definem o MCLG; isto é, se a substância é provavelmente não cancerígena, o valor de MAC é definido a partir da IDT correspondente. Para substâncias cancerígenas ou provavelmente cancerígenas, são utilizados modelos matemáticos de extrapolação para níveis específicos de riscos. Por outro lado, quando se trata de substâncias possivelmente cancerígenas o MAC é definido segundo o valor da IDT, incorporando-se um fator de incerteza adicional, devido à evidência científica limitada da carcinogenicidade (HEALTH CANADA, 2009).

Os valores guias preconizados pela diretriz canadense tem sido sistematicamente revisados, como garantia à manutenção de parâmetros baseados no avanço do conhecimento científico. Nesse sentido, diversos agrotóxicos passaram por revisão em 2005 e tiveram seus VMP mantidos e assegurados como apropriados, dentre os quais podem ser destacados: carbofurano, cianazina, dimetoato, diquat, glifosato, metoxicloro, pentaclorofeno e trifluralina (HEALTH CANADA, 2008).

Os países da Comunidade Européia possuem como orientação para a regulamentação de agrotóxicos em água para consumo humano a denominada *Drinking Water Directive 98/83/EC*. (COUNCIL DIRECTIVE, 1998). Os parâmetros e respectivos valores referenciados desta diretiva são baseados nos guias da OMS e na opinião de um comitê científico europeu: *European Commission's Scientific Advisory Committee* e incluem quatro parâmetros microbiológicos, 26 químicos e 20 parâmetros indicadores. Os Estados Membros podem seguir os preceitos desta diretiva para estabelecer seus próprios padrões de qualidade de água, desde que não sejam menos rigorosos do que aqueles definidos na Diretiva 98/83 (PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000).

Especificamente para os agrotóxicos, a diretiva estabelece os parâmetros: *agrotóxico* e *agrotóxico total*, cujos VMP são, respectivamente, 0,1 µg/L e 0,50 µg/L. Isso significa que o VMP para o parâmetro *agrotóxico* aplica-se individualmente a cada substância (0,1 µg/L) à exceção do aldrin, dieldrin, heptacloro e heptacloro epóxido, cujo VMP é o mesmo, de 0,03 µg/L. No caso do parâmetro *agrotóxico total*, a soma das concentrações de todas as substâncias detectadas não deve ser superior a 0,50 µg/L. (COUNCIL DIRECTIVE, 1998).

Tais valores sinalizados para os agrotóxicos não foram definidos mediante achados científicos (IRC, 2004), mas estabelecidos a partir do limite de detecção analítico para inseticidas organoclorados à época da 1ª. Diretiva (1980) e sob a premissa do princípio da precaução, de que essas substâncias não devem estar presentes na água utilizada para consumo humano. Apesar da manutenção desses valores-guia, após um processo de revisão da norma anterior, o que culminou na edição de nova diretiva (1998) e do conhecimento científico acumulado nas últimas décadas, sobretudo no campo da toxicologia, alguns autores têm questionado a pertinência dessa referência para a Comunidade Européia, tida como excessivamente severa e cientificamente frágil (HARRISON *et al.* 2000; JENKINS, 2005). Sob esse aspecto, London *et al.* (2005) enfatizam que o estabelecimento de diretivas baseadas unicamente em questões analíticas pode dificultar ou impossibilitar sua aplicabilidade, principalmente pelos países em desenvolvimento, cuja capacidade tecnológica e de recursos humanos é limitada.

A Alemanha segue as premissas contidas na Diretiva 98 para água de consumo humano na Comunidade Europeia. Entretanto, a Agência de Proteção Ambiental, juntamente com o Ministério Federal da Saúde e Segurança Social deste país utilizam uma forma diferenciada para o estabelecimento de valor guia, nas situações em que as substâncias seriam facilmente disseminadas em água, mas a avaliação da toxicidade para humanos não é possível ou seria apenas parcialmente possível. Nesses casos, é atribuído um valor de precaução denominado valor paramétrico baseado na saúde (health-based parametric value – HPV), igual a **0,1 µg/L**. A partir do aumento no conhecimento das informações toxicológicas de determinada substância, os valores seguintes podem ser utilizados (FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY GERMANY, 2003):

- **≤ 0,3 µg/L:** há informações toxicológicas disponíveis (embora incompletas ou divergentes), porém a substância é comprovadamente não genotóxica;
- **≤ 1 µg/L:** há comprovação de que a substância não é genotóxica e há informações significativas *in vitro* e *in vivo* para neurotoxicidade (via oral), mas os dados não indicariam valor inferior a 0,3 µg/L;
- **≤ 3 µg/L:** há comprovação de que a substância não seja genotóxica nem neurotóxica. Além disso, haveria, pelo menos, um estudo *in*

*vivo* de toxicidade subcrônica (via oral), mas os dados não indicariam valor inferior a 1 µg/L.

O Japão teve sua primeira norma de potabilidade editada em 1958. Desde então, o governo japonês promoveu quatro grandes processos de revisão, sendo o último em 2003. Atualmente, quem responde pela edição da legislação de potabilidade é o Ministério da Saúde, Trabalho e Bem-estar (MHLW). Até 1992, o padrão de potabilidade era estabelecido, a rigor, para substâncias consideradas emblemáticas em todo o país. Para aquelas substâncias que ocorriam apenas localmente ou em virtude de métodos específicos de tratamento, eram feitas instruções específicas. Entretanto, a revisão de 2003 (que culminou na publicação da norma de 2004) apresentou uma diferenciação em termos da avaliação dos parâmetros existentes e da incorporação de novos parâmetros, pois foram consideradas todas as substâncias que pudessem trazer prejuízo à população, ainda que os níveis de detecção fossem baixos, no país como um todo, ou a presença fosse específica para determinada região. A norma japonesa passou por pequenas revisões em 2007 e em 2008, sendo hoje composta por três grupos de substâncias (MHLW, 2009; WAKAYAMA, [entre 2003 e 2009]):

- Padrão de potabilidade básico, que contempla 50 itens e respectivos valores guias. Os prestadores de serviços de abastecimento de água devem monitorar esses parâmetros e atender aos limites impostos.
- Parâmetros complementares, estabelecidos como metas, sob a ótica do gerenciamento da qualidade da água, com 28 itens. Os prestadores são incentivados a monitorar, mas não há obrigatoriedade de cumprimento.
- Parâmetros que requerem estudo mais aprofundado, com 44 itens. Nesta categoria estão as substâncias cuja avaliação de risco correspondente ainda não está bem estabelecida ou os níveis de detecção não são claros.

Os agrotóxicos estão inseridos no grupo de parâmetros complementares e são considerados a partir do estabelecimento de uma equação que leva em conta a razão entre a concentração detectada de um agrotóxico e a meta definida para a concentração deste agrotóxico específico. O somatório dos diferentes valores correspondentes aos agrotóxicos monitorados deve ser inferior a 1, conforme a Equação 4 (WAKAYAMA, [entre 2003 e 2009]). Cabe ressaltar que os princípios que nortearam o estabelecimento dessa meta não estão descritos no documento consultado.

$$DI = \sum_i \left[ \frac{DV_i}{GV_i} \right] \leq 1$$

## Equação 2

onde:

DI = valor padrão medido

DVi = Concentração detectada de um agrotóxico específico i

GV<sub>i</sub> = Concentração meta para o agrotóxico específico i

A diretriz japonesa sinaliza que os prestadores de serviço de abastecimento devem garantir aos consumidores uma água segura, em termos da ausência de agrotóxicos. Além disso, no monitoramento do nível total de agrotóxicos deverá ser observado o período de aplicação do produto e as condições próximas ao manancial de captação (WAKAYAMA, [entre 2003 e 2009]).

Na Austrália, as primeiras diretrizes para qualidade de água foram desenvolvidas em 1972, sendo sucessivamente revisadas em 1980, 1987, 1996, 2004 e, atualmente, encontra-se em consulta pública a proposta para a 6ª. edição das diretrizes. O *Commonwealth Government* coordena a definição de tais diretrizes, por meio de um comitê formado por representantes de duas instituições: *National Health and Medical Research Council* (NHMRC) e *Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand* (ARMCANZ). Diferentemente dos EUA, onde os padrões são mandatórios, a diretriz australiana não constitui norma obrigatória. Nesse sentido, o monitoramento rotineiro de agrotóxicos não é necessário, exceto se existir potencial para contaminação da água (NHMRC, 2004; PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000).

A peculiaridade da norma australiana quanto a não exigência de monitoramento de agrotóxicos na água apresenta como “pano de fundo” a prática ampliada do gerenciamento de risco à saúde. A recomendação geral do NHMRC é que os prestadores de serviços de abastecimento de água implementem um gerenciamento integrado dos sistemas de abastecimento, de modo que garantam a distribuição de água segura e utilizem os valores guias como uma verificação da correta operação dos sistemas. Esse gerenciamento integrado inclui o uso de barreiras efetivas para prevenir a contaminação dos sistemas de abastecimento e a realização de inspeções regulares nas

bacias hidrográficas, para identificar os químicos que estão sendo utilizados e métodos para proteção dos mananciais (NHMRC, 2004; PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000).

A Nova Zelândia tem o denominado *Health Act 1956* como marco legal, no que se refere à qualidade da água para consumo humano. Até 1995, o padrão de potabilidade sinalizava valores guias para os parâmetros microbiológicos, químicos e radiológicos. Esses valores guias foram substituídos na revisão do padrão neozelandês, em 1995, por VMP ou *Maximum Acceptable Value* – MAV (PRODUCTIVITY COMMISSION, 2000).

Em 2007, foi editada uma emenda ao *Health Act 1956*, denominada de *Health (Drinking Water) Amendment Act 2007*, que constitui um marco no país, pois pela primeira vez todos os prestadores de abastecimento de água passam a ter a obrigação de garantir água segura. Além disso, a emenda estabelece que os sistemas que abastecem mais de 500 pessoas deverão implementar o chamado *Public Health Risk Management Plan* (PHRMP), com o intuito de fazer um gerenciamento seguro de todo o sistema de abastecimento de água, cuja garantia da qualidade é complementada pelo padrão de potabilidade, em termos do atendimento às concentrações máximas aceitáveis para contaminantes perigosos na água (MINISTRY OF HEALTH, 2008).

A última grande revisão do padrão de potabilidade na Nova Zelândia aconteceu em 2005 e levou em consideração os padrões nacionais já editados, a 3ª. edição dos guias da OMS e a norma dos EUA. Em 2008, pequenos ajustes foram processados na referida norma e, no que se refere aos agrotóxicos, o atual padrão neozelandês indica VMP para 51 diferentes substâncias (MINISTRY OF HEALTH, 2008).

Na Tabela 8 estão relacionadas 75 substâncias que constam na 3ª. edição dos guias da OMS, os respectivos valores guias ou justificativas para sua ausência, bem como os VMP (quando pertinentes), preconizados pelas normas do Brasil, EUA, Canadá, Austrália e Nova Zelândia. Os parâmetros destacados correspondem ao grupo de agrotóxicos contemplados pela atual legislação brasileira.

Dentre todas as substâncias sinalizadas pela OMS, 74 são agrotóxicos (excluído o hexclorobenzeno). Desse total, 33 substâncias apresentam valor guia, em virtude de sua importância para a saúde pública; 25 tiveram o valor guia excluído na última edição das Diretrizes e 15 não possuem valor guia estabelecido. As razões para

exclusão ou não indicação de valor guia são mencionadas no documento e incluem, dentre outras (WHO, 2008):

- **é rapidamente degradado no ambiente e não se espera que ocorra na água de abastecimento em concentrações mensuráveis**, como o amitraz;
- **ocorre na água em concentrações muito abaixo daquelas em que os efeitos tóxicos podem ocorrer**, tais como: bentazona, carbaril, heptacloro, heptacloro epóxido, hexaclorobenzeno, malationa, 2-fenil-fenol, endossulfam, fenitrothion, glifosato, parationa, parationa metílica e permetrina;
- **é improvável de ser encontrado na água**, como seria o caso da cipermetrina, clorobenzilato, clorotalonil, hexaclorociclohexanos, MCPB, metamidofós, metomil, mirex, monocrotofós, dinoseb e deltametrina, oxamil, diazinon, etileno-tiouréia, fenamifós, forato, formotion, propoxur, quintozeno, toxafeno, triazofós e triclorfon;
- **raramente é encontrado na água de consumo humano**, como: diquat e piridato;
- **as informações científicas atuais são insuficientes para permitir indicar um valor guia**, assim como: 1,3-dicloropropano e propanil.

A OMS categoriza algumas substâncias para uso em programas de saúde pública, incluindo o piriproxifem, que também pode ser utilizado para fins agrícolas. Ao contrário da permetrina, não há recomendação de valor guia para o piriproxifem, se este for usado para controle de vetores. Entretanto, quando utilizado na agricultura, apresenta VMP igual a 300 µg/L. O DDT foi muito utilizado no passado para fins de saúde pública e, atualmente, tem sido reintroduzido em algumas áreas no controle do mosquito transmissor da malária. Embora não seja mais aplicado em água, devido às suas características toxicológicas, foi atribuído um VMP para o DDT e seus metabólitos. Para o pentaclorofenol, foi indicado um valor-guia provisório em virtude de variações no metabolismo de animais, comprovados por experimentos, quando comparados aos seres humanos. Quanto ao propanil, a OMS enfatiza que é transformado rapidamente em metabólitos mais tóxicos e o estabelecimento de um valor-guia para os seus compostos é inapropriado. Além disso, as informações existentes são inadequadas para permitir a definição de valores guias para os metabólitos (WHO, 2008).

Cabe destacar, entretanto, a importância de que sejam averiguadas algumas das justificativas apontadas pela OMS para exclusão de substâncias ou não indicação de valor guia, a partir do contexto brasileiro. Assim, apenas uma avaliação conjunta entre intensidade de consumo do agrotóxico no Brasil, propriedades físico-químicas da substância, características do local da aplicação (tipo de solo e condições climáticas) e formas de aplicação é que haveria condições de sinalizar sobre a possibilidade de determinada substância ser encontrada em corpos d' água.

**Tabela 8. Valores Guia (VG) ou Valores Máximos Permitidos (VMP) para agrotóxicos nas Diretrizes da OMS e nas normas do Brasil, EUA, Canadá, Austrália e Nova Zelândia (continua...)**

Substância (µg/L)	OMS	Brasil	EUA	Canadá	Austrália	N. Zelândia	Substância (µg/L)	OMS	Brasil	EUA	Canadá	Austrália	N. Zelândia
	VG	VMP						VG	VMP				
<b>Alacloro</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>20</b>	1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	40	NE	5	NE	NE	50
Aldicarbe	10	NE	NE	9	1	10	1,3-Dicloropropano	NE <sup>(e)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Aldrin + dieldrin</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03<sup>(g)</sup></b>	<b>NE</b>	<b>0,7</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	1,3-Dicloropropeno	20	NE	NE	NE	NE	20
Amitraz	EX <sup>(a)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE	2-Phenil phenol	NE <sup>(b)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Atrazina</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0,1</b>	<b>2</b>	2,4,5-T	9	NE	NE	NE	0,05	10
<b>Bentazona</b>	<b>NE<sup>(b)</sup></b>	<b>300</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	Deltametrina	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
Carbaril	NE <sup>(b)</sup>	NE	NE	90	5	NE	Diazinon	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	1	NE
Carbofurano	7	NE	40	90	5	8	Diclorprop	100	NE	NE	NE	NE	100
Cianazina	0,6	NE	NE	10	NE	0,7	Dimetoato	6	NE	NE	20	NE	8
Cipermetrina	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE	Dinoseb	EX <sup>(c)</sup>	NE	7	10	NE	NE
<b>Clordano(isômeros)</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2<sup>(g)</sup></b>	<b>2</b>	<b>NE</b>	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>	Diquat	NE <sup>(d),(f)</sup>	NE	20	70	0,5	NE
Clorobenzilato	EX <sup>(c)</sup>	(g)	NE	NE	NE	NE	<b>Endossulfam</b>	<b>NE<sup>(b)</sup></b>	<b>20</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>0,05</b>	<b>NE</b>
Clorpirifós	30	NE	NE	90	NE	40	<b>Endrin</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6<sup>(g)</sup></b>	<b>2</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>1</b>
Clorotalonil	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	0,1	NE	Ethylene thiourea	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
Clorotoluron	30	NE	NE	NE	NE	40	Fenamifós	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
<b>2,4 D</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>0,1</b>	<b>40</b>	Fenitrotiona	NE <sup>(b)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
2,4DB	90	(g)	NE	NE	NE	100	Fenoprop	9	NE	NE	NE	NE	10
<b>DDT (isômeros)</b>	<b>1</b>	<b>2<sup>(g)</sup></b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>0,06</b>	<b>1</b>	Forato	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	2	NE	NE
1,2-Dibromo-3 Cloropropano	1	NE	0,2	NE	NE	1	Formotiom	EX <sup>(c)</sup>	(g)	NE	NE	NE	NE
1,2-Dibromoetano	0,4	NE	NE	NE	NE	0,4	<b>Glifosato</b>	<b>NE<sup>(b)</sup></b>	<b>500</b>	<b>700</b>	<b>280</b>	<b>10</b>	<b>NE</b>

FONTE: BRASIL (2005a); HEALTH CANADA (2008); MINISTRY OF HEALTH (2008); NHMRC (2004); USEPA (2009b); WHO (2008)

NOTAS: EX: Valor guia excluído NA 3ª. Edição dos Guias da OMS

NE: Não estabelecido

(a) É rapidamente degradado no ambiente e não se espera que ocorra na água de abastecimento em concentrações mensuráveis.

(b) Ocorre na água em concentrações muito abaixo daquelas em que os efeitos tóxicos podem ocorrer.

(c) É improvável que ocorra na água de consumo humano.

(d) Raramente é encontrado na água de consumo humano.

(e) As informações científicas atuais são insuficientes para permitir indicar um valor guia.

(f) Pode ser utilizado no controle de plantas aquáticas em ambientes hídricos.

(g) Uso não autorizado no Brasil.

(h) A OMS indica valor guia para a permetrina apenas quando for utilizada diretamente na água, como larvicida. Em outras situações, considera-se desnecessário atribuir valor guia e esta substância figuraria, portanto, entre o grupo sem valor guia estabelecido.

**Tabela 8. Valores Guia (VG) ou Valores Máximos Permitidos (VMP) para agrotóxicos nas Diretrizes da OMS e nas normas do Brasil, EUA, Canadá, Austrália e Nova Zelândia (continuação)**

Substância (µg/L)	OMS VG	Brasil	EUA	Canadá	Austrália	N. Zelândia	Substância (µg/L)	OMS VG	Brasil	EUA	Canadá	Austrália	N. Zelândia
		VMP							VMP				
<b>Heptacloro</b>	NE <sup>(b)</sup>	<b>0,03<sup>(g)</sup></b>	<b>0,4</b>	NE	<b>0,05</b>	NE	Parationa	NE <sup>(b)</sup>	NE	NE	50	NE	NE
<b>Heptacloro Epóxido</b>	NE <sup>(b)</sup>	<b>0,03<sup>(g)</sup></b>	<b>0,2</b>	NE	<b>0,05</b>	NE	Parationa metílica	NE <sup>(b)</sup>	NE	NE	NE	0,3	NE
<b>Hexaclorobenzeno</b>	NE <sup>(b)</sup>	<b>1<sup>(g)</sup></b>	<b>1</b>	NE	NE	NE	<b>Pendimetalina</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>20</b>
Hexaclorociclohexanos	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE	<b>Pentaclorofenol</b>	<b>9</b>	<b>9<sup>(g)</sup></b>	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>0,01</b>	<b>9</b>
Isoproturon	9	NE	NE	NE	NE	10	<b>Permetrina<sup>(h)</sup></b>	<b>300 - NE<sup>(b)</sup></b>	<b>20</b>	NE	NE	<b>1</b>	NE
<b>Lindano</b>	<b>2</b>	<b>2<sup>(g)</sup></b>	<b>0,2</b>	NE	<b>0,05</b>	<b>2</b>	<b>Propanil</b>	NE <sup>(e)</sup>	<b>20</b>	NE	NE	<b>0,1</b>	NE
MCPA	2	NE	NE	NE	NE	2	Propoxur	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
MCPB	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE	Piridato	EX <sup>(d)</sup>	(g)	NE	NE	NE	NE
Malationa	NE <sup>(b)</sup>	NE	NE	190	NE	NE	Piriproxifem	300	NE	NE	NE	NE	400
Mecoprop	10	NE	NE	NE	NE	10	Quintozeno	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
Metamidofós	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE	<b>Simazina</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>0,5</b>	<b>2</b>
<b>Metolacloro</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	NE	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	Terbutilazina	7	NE	NE	NE	NE	8
Metomil	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	5	NE	Toxaphene	EX <sup>(c)</sup>	NE	3	NE	NE	NE
<b>Metoxicloro</b>	<b>20</b>	<b>20<sup>(g)</sup></b>	<b>40</b>	<b>900</b>	<b>0,2</b>	<b>20</b>	Triazofós	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
Mirex	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE	Tributyltin oxide	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Molinato</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	NE	NE	<b>0,5</b>	<b>7</b>	Trichlorfon	EX <sup>(c)</sup>	NE	NE	NE	NE	NE
Monocrotofós	EX <sup>(c)</sup>	(g)	NE	NE	NE	NE	<b>Trifluralina</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>NE</b>	<b>45</b>	<b>0,1</b>	<b>30</b>
Oxamil	EX <sup>(c)</sup>	(g)	200	NE	5	NE							

FONTE: BRASIL (2005a); HEALTH CANADA (2008); MINISTRY OF HEALTH (2008); NHMRC (2004); USEPA (2009b); WHO (2008)

NOTAS:

VMP em µg/L

EX: Valor guia excluído

NE: Não estabelecido

(a) É rapidamente degradado no ambiente e não se espera que ocorra na água de abastecimento em concentrações mensuráveis.

(b) Ocorre na água em concentrações muito abaixo daquelas em que os efeitos tóxicos podem ocorrer.

(c) É improvável que ocorra na água de consumo humano.

(d) Raramente é encontrado na água de consumo humano.

(e) As informações científicas atuais são insuficientes para permitir indicar um valor guia.

(f) Pode ser utilizado no controle de plantas aquáticas em ambientes hídricos.

(g) Uso não autorizado no Brasil.

(h) A OMS indica valor guia para a permetrina apenas quando for utilizada diretamente na água, como larvicida. Em outras situações, considera-se desnecessário atribuir valor guia e esta substância figuraria, portanto, entre o grupo sem valor guia estabelecido.

A norma brasileira apresenta 30,7% (n = 23) do total de parâmetros sinalizados pela OMS.

Os agrotóxicos contemplados na legislação nacional são os mesmos definidos à época da revisão da Portaria nº 36/1990, cuja priorização levou em conta não apenas aqueles mais consumidos no país, mas o conhecimento científico acumulado sobre riscos à saúde associados ao abastecimento e consumo de água, bem como sobre as evidências toxicológicas sobre agravos à saúde devidos à ingestão de substâncias químicas (BASTOS *et al.* 2001).

Dentre essas 23 substâncias, dez tem seu uso proibido no Brasil, quais sejam: aldrin/dieldrin, DDT, endrin, heptacloro, heptacloro epóxido, lindano, metoxicloro e pentaclorofenol. Algumas dessas substâncias não constituem parâmetro referenciado nas normas da Austrália, Canadá, EUA e Nova Zelândia, pois tiveram a produção/utilização suspensa ou restringida e não seriam, portanto, passíveis de serem encontradas em água para consumo humano. Entretanto, cabe destacar que essas substâncias são muito persistentes no ambiente e possuem características de bioacumulação, o que leva a questionar sobre a possibilidade de serem encontradas no ambiente e, sobretudo, na água.

Em termos do VMP, o padrão de potabilidade brasileiro segue, com algumas poucas exceções, os mesmos valores sugeridos pela OMS ou estabelecidos mediante informações obtidas do *International Programme on Chemical Safe/Joint Meeting on Pesticide Residues/World Health Organization - IPCS/JMPR/WHO* (AMORIM, 2008). Essa autora destaca, ainda, que a última revisão da norma de potabilidade nacional, ocorrida no ano 2000, priorizou alguns agrotóxicos dentre os cinquenta mais comercializados à época, com destaque para os herbicidas. Os organoclorados com uso proibido no país também foram mantidos enquanto parâmetros normativos, devido às suas características de acumulação no ambiente.

Das 75 substâncias sinalizadas pela OMS, 26,7% (n = 20) também são consideradas pelas normas dos Estados Unidos e Canadá e 45,3% (n = 34) são contempladas pela atual legislação da Nova Zelândia. Em relação à Austrália, observa-se que 37,3% das substâncias indicadas pela OMS (n = 28) possuem valor guia e 50,7% (n = 38) apresentam um valor relacionado à saúde. Em relação à diretriz australiana, cabe ressaltar que esta prevê valores guias segundo duas categorias: valores de referência e valores relacionados à saúde. Os valores de referência são utilizados, sobretudo, pelas autoridades reguladoras. Quando a substância não possui autorização

para uso em água ou em áreas próximas à captação, o valor de referência é estabelecido próximo ao limite de detecção analítica para essa substância. Quando a substância pode ser utilizada próxima aos pontos de captação, o valor de referência é estabelecido de maneira compatível com as boas práticas do tratamento da água e que não implique em riscos significativos à saúde (NHMRC, 2004). Na Tabela 8 foram indicados os valores de referência, para possibilitar a comparação com os demais padrões/diretrizes.

Na Austrália, os valores relacionados à saúde foram obtidos mediante a fixação de um percentual (10%) da IDT atribuída à ingestão diária de 2 litros de água, por um adulto com 70 kg e são utilizados, sobretudo, pelas autoridades de saúde pública, na gestão dos riscos associados à exposição accidental. A diretriz australiana em vigor sinaliza valor relacionado à saúde para 122 substâncias, sendo que para 63 também são indicados valores de referência. Entretanto, apenas 21 agrotóxicos são identificados enquanto substâncias que tem sido ocasionalmente detectadas na água de consumo humano ou seu uso indicaria que elas deriam ser detectadas (NHMRC, 2004).

Os VMP indicativos do padrão de potabilidade da Nova Zelândia são, para a maioria dos parâmetros, ligeiramente superiores aos valores guias sinalizados pela OMS. A distinção ocorre em virtude do cálculo do VMP ser baseado em 70 kg para o peso corporal médio da população da Nova Zelândia, considerado mais adequado, em comparação ao valor de 60 kg, utilizado nos guias da OMS (MINISTRY OF HEALTH, 2008).

Uma comparação geral dos valores sinalizados na Tabela 8 indica que a legislação canadense é mais flexível em termos dos VMP, em especial para o aldrin/dieldrin e o metoxicloro, em que a norma canadense chega a ser 23 e 45 vezes superior, respectivamente, aos valores sinalizados pelo Brasil. A última publicação relacionada ao padrão de potabilidade canadense indica que o VMP para o aldrin/dieldrin foi aprovado em 1994, ao passo que o VMP originalmente proposto para o metoxicloro, em 1986, foi revisto e mantido, em 2005, em 900 µg/L, embora o documento canadense não especifique as razões para manutenção do referido valor (HEALTH CANADA, 2008).

Em termos do parâmetro glifosato, a norma australiana é mais restritiva, indicando um valor guia de 10 µg/L, contra 280 µg/L no Canadá, 500 µg/L no Brasil e 700 µg/L, nos EUA. A Nova Zelândia e a OMS não recomendam valor guia para esta substância e a justificativa apontada pela OMS é de que a ocorrência do glifosato na

água se dá em concentrações muito abaixo daquelas em que os efeitos tóxicos poderiam ocorrer.

As substâncias endossulfam, permetrina e propanil estão presentes apenas nas legislações brasileira e australiana, não constituindo, atualmente, parâmetro regulado ou diretriz nos demais documentos analisados. Por outro lado, apenas o carbofurano não possui VMP na norma brasileira, ao contrário das outras legislações. Entretanto, ressalta-se que este inseticida possui classificação toxicológica classe I (extremamente tóxico) e seu registro no Brasil prevê o uso no tratamento de sementes de algodão, arroz, feijão, milho e trigo, bem como aplicação no solo para diversas outras culturas (ANVISA, 2009f).

Independente dos parâmetros relacionados e VMP correspondentes, uma importante diferença observada entre a norma do Brasil e as dos outros países refere-se ao detalhamento e transparência das informações. Ao contrário das legislações dos EUA, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, a atual legislação brasileira não apresenta em seu conteúdo, ou em documentos complementares, informações detalhadas sobre as bases teóricas que fundamentaram a definição dos agrotóxicos de interesse e seus respectivos VMP, isto é, quais foram os estudos, condições de contorno ou diretrizes utilizadas como referências.

Ainda com relação às informações disponibilizadas, a OMS, assim como a USEPA e Health Canada também apresenta monografias das substâncias referenciadas, ou Fichas Químicas (*Chemical Fact Sheets*) que indicam os estudos e resultados que subsidiaram a definição da IDT, bem como as premissas utilizadas no estabelecimento do valor guia ou VMP (peso corporal, volume diário ingerido e fração atribuída ao consumo de água).

Conforme já referenciado, as informações sobre os agrotóxicos autorizados para uso no Brasil são disponibilizadas pela ANVISA em sua página eletrônica, na forma de monografias. Entretanto, tais documentos mencionam, essencialmente, a identificação e classificação da substância, seu uso preponderante e, em alguns casos, o valor da IDA. Não são indicados, por exemplo, quais estudos e premissas deram origem à IDA ou se foram utilizadas condições diferentes para o país, frente àquelas consideradas por agências internacionais. Um dos requisitos ao registro de agrotóxicos no Brasil é o desenvolvimento de diversos testes de toxicidade. Entretanto, essas informações e outras, como as propriedades físico-químicas das substâncias, também não são disponibilizadas nas referidas monografias dos agrotóxicos.

Assim como a Portaria MS n° 518/2004 estabelece o direito à informação (de maneira clara e precisa) sobre a qualidade da água distribuída e consumida; direito esse regulamentado pelo Decreto Presidencial n° 5.440, de 04 de maio de 2005 (BRASIL, 2005b), seria interessante que a fundamentação científica utilizada na definição dos parâmetros de interesse e seus respectivos valores guias ou VMP também fosse divulgada.

A Tabela 9 apresenta uma sistematização quanto a alguns importantes aspectos evidenciados junto às diferentes normas e diretrizes.

**Tabela 9. Sistematização de alguns aspectos evidenciados junto à legislação brasileira e diretrizes internacionais**

Aspecto	OMS	Brasil	EUA	Canadá	Austrália	Nova Zelândia
1. Caráter do documento	Diretriz, com parâmetros e respectivos valores guias	Mandatório, com parâmetros e respectivos VMP	Existência de padrão não mandatário ou meta (MCLG), que pode vir a fazer parte do padrão mandatário (MCL)	Mandatório, com parâmetros e respectivos valores de concentração máxima aceitável (MAC)	Diretriz, com parâmetros e respectivos valores guias. Peculiaridade de haver valores de referência e valores relacionados à saúde	Mandatório, com parâmetros e respectivos VMP
2. Existência de monografias das substâncias referenciadas	Sim, fichas químicas ( <i>Chemical Fact Sheets</i> )	Não. A ANVISA disponibiliza monografias das substâncias com registro de uso no país, mas as informações são limitadas	Sim	Sim	Sim, para algumas substâncias	Não identificado
3. Existência de informações (na norma ou em documentos adicionais) sobre estudos e resultados que subsidiaram a definição da IDT e/ou premissas utilizadas no estabelecimento do valor guia ou VMP	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
4. Existência de monitoramento e/ou realização de estudos que subsidiem a revisão contínua da norma/diretriz	Sim	Está previsto o monitoramento (controle e vigilância) de agrotóxicos em águas. Entretanto, tal monitoramento ainda é tímido.	Sim	Sim	O monitoramento rotineiro não é obrigatório, exceto se existir potencial para contaminação da água	Sim
5. Existência de grupo técnico e científico instituído e responsável pela revisão contínua e sistemática da norma/diretriz	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim

FONTE: Elaborado a partir de ANVISA (2009f); BRASIL (2005a); HEALTH CANADA (2008); MINISTRY OF HEALTH (2008); NHMRC (2004); USEPA (2009b); WHO (2008)

Em termos de América do Sul, a Tabela 10 apresenta uma comparação entre os parâmetros e respectivos VMP que constam nas legislações do Brasil e dos seguintes países: Argentina, Chile, Uruguai e Venezuela. Essa tabela explicita, também, o ano de publicação das respectivas normas.

**Tabela 10. Comparação entre a legislação do Brasil e de alguns países da América do Sul**

Substância (µg/L)	Ano de Publicação	Brasil	Argentina	Chile	Uruguai	Venezuela
		(2004) <sup>1</sup>	(2008) <sup>2</sup>	(2006)	(2006)	(1998)
Alacloro		20	NE	NE	20	NE
Aldrin + dieldrin		0,03	0,03	NE	0,03	0,03
Atrazina		2	NE	NE	3	NE
Bentazona		300	NE	NE	NE	NE
Clordano(isômeros)		0,2	0,3	NE	0,2	0,2
2,4 D		30	100	30	30	30
DDT (isômeros)		2	1	2	2	2
Endossulfam		20	NE	NE	NE	NE
Endrin		0,6	NE	NE	2	NE
Glifosato		500	NE	NE	900	NE
Heptacloro				NE		0,03
Heptacloro Epóxido		0,03 <sup>3</sup>	0,10 <sup>3</sup>	NE	0,03 <sup>3</sup>	0,1
Hexaclorobenzeno		1	0,01	NE	1	1
Lindano		2	3	2	2	2
Malation		NE	35	NE	NE	NE
Metolacloro		10	NE	NE	NE	NE
Metoxicloro		20	30	20	20	20
Molinato		6	NE	NE	6	NE
Metil Paration		NE	7	NE	NE	NE
Paration		NE	35	NE	NE	NE
Pendimetalina		20	NE	NE	NE	NE
Pentaclorofenol		9	10	9	9	9
Permetrina		20	NE	NE	20	NE
Propanil		20	NE	NE	20	NE
Simazina		2	NE	NE	2	NE
Trifluralina		20	NE	NE	NE	NE

FONTE: Elaborado a partir de ANMAT (2008); BRASIL (2005a); INN (2006); MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL (1998); OSE (2006)

NOTAS:

- (1) O conteúdo da norma brasileira reeditada em 2004 é o mesmo daquela publicada em 2000 (Portaria MS n° 1469/2000)
- (2) O Capítulo XII do Código Alimentar Argentino foi atualizado em 2008, porém não houve alterações nos VMP dos agrotóxicos, referenciados na edição de 1994.
- (3) Refere-se ao somatório das concentrações de heptacloro e heptacloro epóxido.

A legislação da Argentina, editada em 1994, está inserida no Código Alimentar argentino, que teve atualizações em 2008; mas essa atualização não modificou os padrões para agrotóxicos. A resolução da Venezuela começou a vigorar em 1998, enquanto Chile e Uruguai tiveram a publicação das atuais versões de suas normas ocorrendo no ano de 2006. Em termos quantitativos, o Brasil apresenta o maior número de parâmetros referenciados, seguido do Uruguai (n = 17), Argentina (n = 12),

Venezuela (n = 10) e Chile (n = 5). A bentazona constitui parâmetro regulamentado somente na legislação brasileira.

A comparação entre as legislações possibilita inferir que, com exceção da Argentina, os VMP são bastante semelhantes, levando a acreditar que os guias da OMS tenham sido utilizados como principal referência. De fato, o documento do Uruguai indica que as referências normativas utilizadas para a definição de seu padrão de potabilidade foram a OMS e a USEPA, assim como as legislações do Brasil, Chile, México e Canadá. Entretanto, não há qualquer detalhamento sobre especificidades de parâmetros definidos e VMP correspondentes. A legislação chilena cita a OMS como diretriz para o estabelecimento de seu padrão, ao passo que não há qualquer menção às bases referenciais utilizadas pela Argentina e Venezuela, assim como pelo Brasil, conforme já assinalado.

Algumas substâncias apresentaram variações de VMP bastante significativas entre a legislação da Argentina e as dos demais países. Dentre elas, destaca-se o hexaclorobenzeno, cujo VMP na Argentina é 100 vezes menor do que as outras referências. Por outro lado, os VMP para o clordano, heptacloro/heptacloro epóxido, lindano, pentaclorofenol, metoxicloro e 2,4D são menos restritivos na Argentina, sendo que este último possui um VMP três vezes superior aos dos demais. Adicionalmente, as substâncias malation, metil paration e paration estão inseridas, apenas, na norma da Argentina, dentre o grupo de países considerados.

## 5.2. ETAPA 2 – Perfil do uso de agrotóxicos no Brasil

### Classificação dos agrotóxicos

Em termos de seu uso principal, os agrotóxicos podem ser classificados como (BRASIL, 1997):

- **Inseticidas:** utilizados para o combate a larvas, insetos e formigas. Pertencem a quatro diferentes grupos químicos:
  - *organofosforados:* compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditiofosfórico.
  - *carbamatos:* derivados do ácido carbâmico.
  - *organoclorados:* compostos à base de carbono, com radicais de cloro. Derivam do clorobenzeno, do ciclo-hexano ou do ciclodieno.
  - *piretróides:* compostos sintéticos cuja estrutura assemelha-se à piretrina, uma substância existente nas flores do crisântemo.
- **Fungicidas:** seu uso é direcionado ao combate de fungos. Os principais grupos químicos dos fungicidas são: etileno-bis-ditiocarbamatos, trifenil estânico, captafan e hexaclorobenzeno.
- **Herbicidas:** utilizados contra ervas daninhas. Seus principais grupos químicos são: paraquat, glifosato; pentaclorofenol; derivados do ácido fenoxiacético e dinitrofenóis.
- **Raticidas:** usados no combate a roedores.
- **Acaricidas:** utilizados contra ácaros
- **Nematicidas:** ação de combate a nematóides
- **Molusquicidas:** utilizados contra moluscos, especialmente contra o caramujo da esquistossomose.
- **Fumigantes:** usados contra insetos e bactérias.

Quanto à categorização toxicológica, a ANVISA classifica os agrotóxicos em quatro classes, de maneira semelhante à classificação da OMS, para toxicidade aguda, sendo que para cada classe há uma correspondente faixa colorida indicativa no rótulo da embalagem. A Tabela 11 indica as distintas classes e a respectiva cor da faixa, no rótulo:

**Tabela 11. Classe toxicológica e cor da faixa no rótulo do agrotóxico**

Classe I	Extremamente tóxicos	Faixa vermelha
Classe II	Altamente tóxicos	Faixa amarela
Classe III	Medianamente tóxicos	Faixa azul
Classe IV	Pouco tóxicos	Faixa verde

Em termos da periculosidade ambiental<sup>10</sup>, os agrotóxicos são classificados nas classes: (I) produto altamente perigoso; (II) produto muito perigoso; (III) perigoso; (IV) pouco perigoso (BRASIL, 1996).

### **Consumo de Agrotóxicos no Brasil**

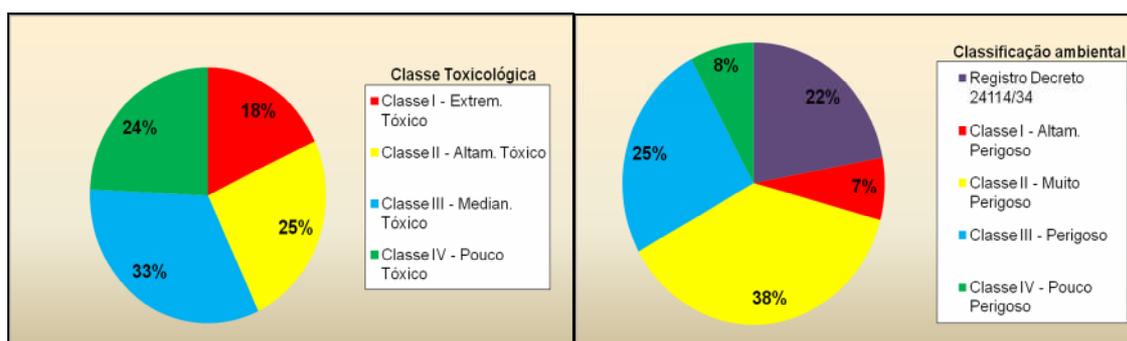
O uso de agrotóxicos no Brasil teve início nos anos 20 e foi intensificado após a Segunda Guerra Mundial, quando a produção e consumo dessas substâncias expandiram-se por todo o mundo. O comércio de agrotóxicos no país foi efetivamente aberto em 1975, com o Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) que estabeleceu uma cota definida de agrotóxico para cada financiamento concedido com recursos do crédito rural. Além dessa diretiva, a propaganda efetuada pelos fabricantes condicionou um aumento significativo na disseminação e uso dos agrotóxicos no país (BRASIL, 1997). Desde então, o Brasil tornou-se grande consumidor dessas substâncias, assumindo, recentemente, a primeira posição no ranking mundial (ANVISA, 2009a).

Os termos “*agrotóxicos*” e “*afins*” são definidos pela Lei Federal nº. 7802, de 11 de julho de 1989, como:

*Os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento (BRASIL, 1989).*

<sup>10</sup> Periculosidade ambiental: característica de uma substância, cuja definição leva em conta os seguintes aspectos: persistência, transporte, bioacumulação e toxicidade a organismos não alvo.

Atualmente, existem 477 ingredientes ativos<sup>11</sup> e 998 produtos formulados<sup>12</sup>, com autorização de uso no Brasil e um total de 92 empresas registrantes (ANVISA, 2009c). Apesar da existência de regulamentações quanto à sua comercialização e uso, os riscos provenientes da exposição humana a essas substâncias, presentes em diferentes compartimentos ambientais não podem ser negligenciados. A Figura 4 indica a distribuição percentual dos agrotóxicos com registro de uso, segundo as classificações: toxicológica e ambiental.



**Figura 4. Distribuição dos agrotóxicos com registro de uso, no Brasil, segundo classe toxicológica e classificação ambiental - 2009**  
 FONTE: ANVISA (2009c)

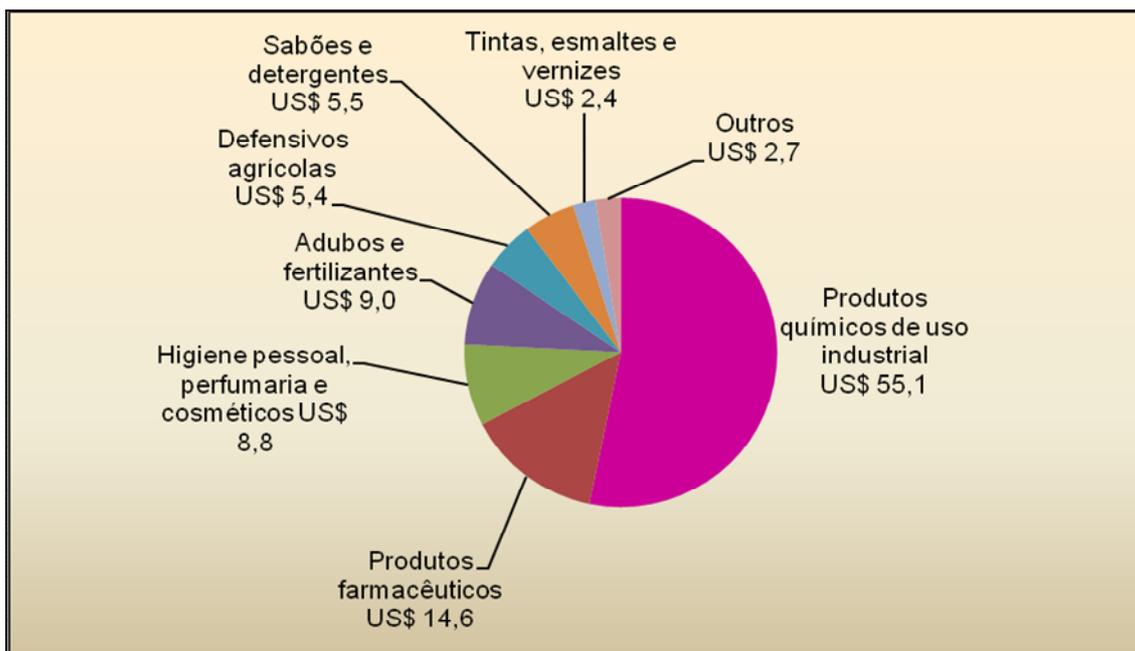
Observa-se que dentre os produtos formulados com registro de uso no Brasil, a predominância é das substâncias medianamente tóxicas (classe III – 33%), seguidas das altamente tóxicas (classe II – 25%) e pouco tóxicas (classe IV – 24%). Em relação à classificação ambiental, a maioria das substâncias (38%) é tida como muito perigosa (classe II) e, na seqüência, aparecem as perigosas (classe III – 25%). Destaca-se, ainda, que 22% dos agrotóxicos autorizados não apresentam classificação de periculosidade ambiental, visto que tiveram seus registros efetuados anteriormente à publicação do Decreto nº 9.8816, de 11 de janeiro de 1990 (BRASIL, 1990a), embora deveriam ser reavaliados à luz dessa nova legislação, que ampliou os requisitos para registro dessas substâncias, incorporando a avaliação e classificação do potencial de periculosidade ambiental.

<sup>11</sup> Ingrediente ativo: o mesmo que princípio ativo; agente químico, físico ou biológico que confere eficácia aos agrotóxicos e afins (BRASIL, 2002).

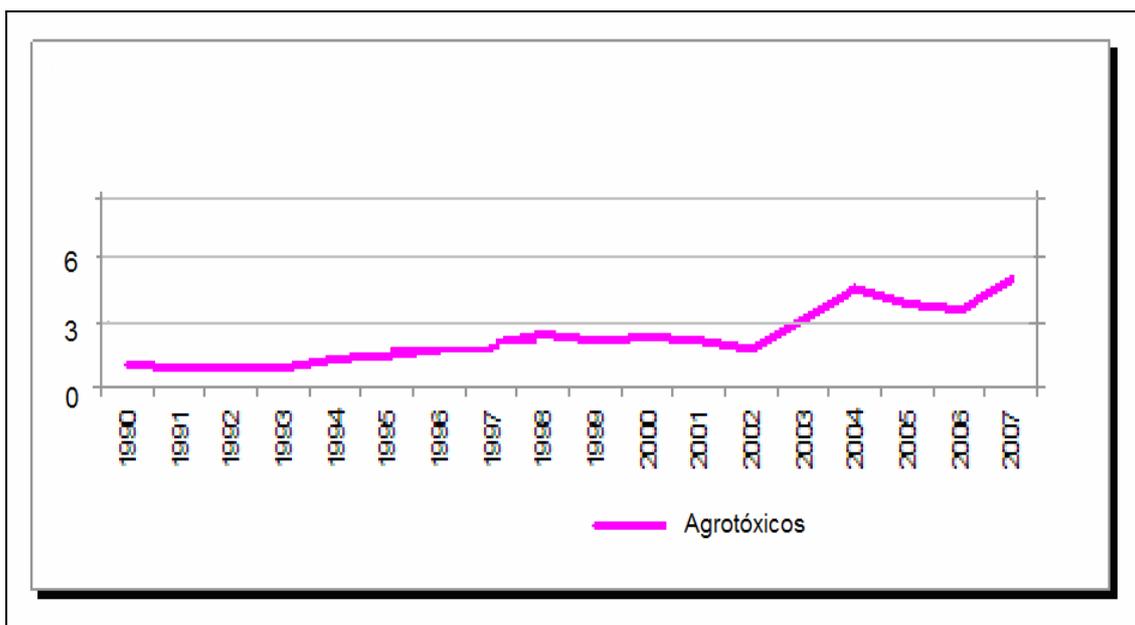
<sup>12</sup> Produto formulado: agrotóxico ou afim obtido a partir de produto técnico ou de pré-mistura, por meio de processo físico, ou diretamente de matérias primas, via processos físicos, químicos ou biológicos (BRASIL, 2002).

Produto técnico: produto obtido diretamente de matérias-primas por processo químico, físico ou biológico, destinado à obtenção de produtos formulados ou de pré-misturas e cuja composição contenha teor definido de ingrediente ativo e impurezas, podendo conter estabilizantes e produtos relacionados, tais como isômeros (BRASIL, 2002).

A Figura 5 indica o faturamento líquido da indústria química brasileira no ano 2007, em bilhões de dólares. O segmento dos agrotóxicos (a Associação Brasileira da Indústria Química utiliza o termo “*defensivos agrícolas*”) foi responsável pela cifra de 5,4 bilhões de dólares. A Figura 6 indica uma série histórica desse faturamento para o período de 1990 a 2007. Observa-se expressiva evolução entre os anos de 2002 e 2004, seguida de ligeira queda em 2005 e 2006 e retomada do crescimento a partir de 2006.

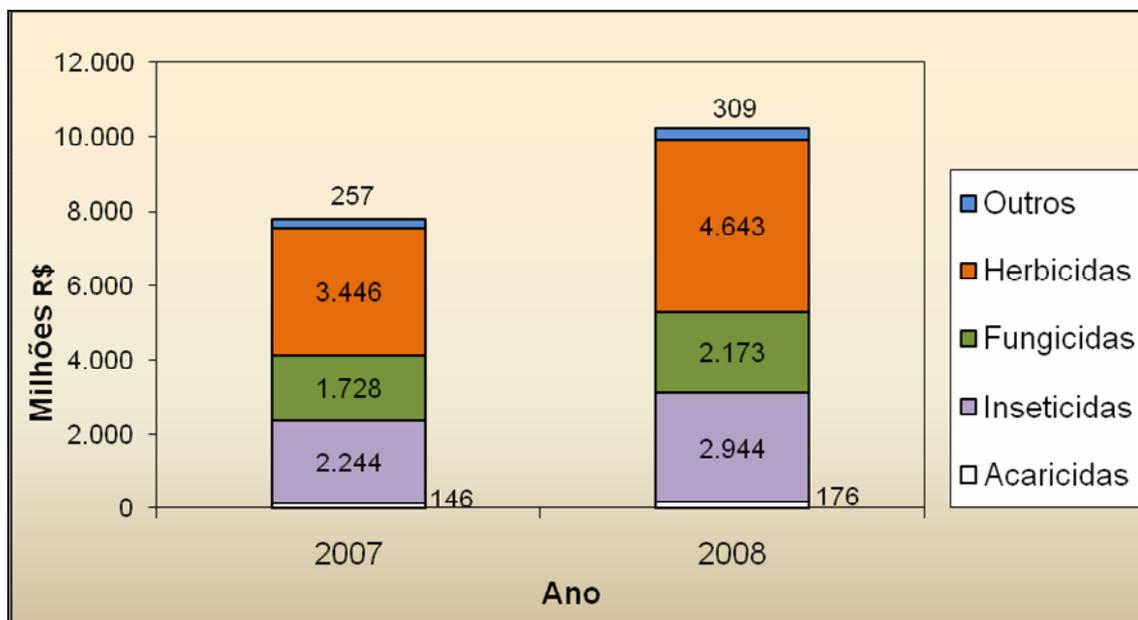


**Figura 5. Faturamento da indústria química brasileira no ano de 2007, em (US\$ bilhões)**  
 FONTE: ABIQUIM (2009)



**Figura 6. Evolução do faturamento líquido da indústria de agrotóxicos no Brasil, para o período de 1990 a 2007, em US\$ bilhões**  
 FONTE: Adaptado de ABIQUIM (2009)

A Figura 7 apresenta uma estimativa das vendas de agrotóxicos no Brasil, nos anos 2007 (janeiro a outubro) e 2008, segundo diferentes classes de uso. A figura indica a importância da classe dos herbicidas dentre a totalidade das vendas previstas para o período, seguidos pelos fungicidas e inseticidas.



**Figura 7. Estimativa da comercialização de agrotóxicos no Brasil, segundo a classe de uso, nos anos 2007 (janeiro a outubro) e 2008**

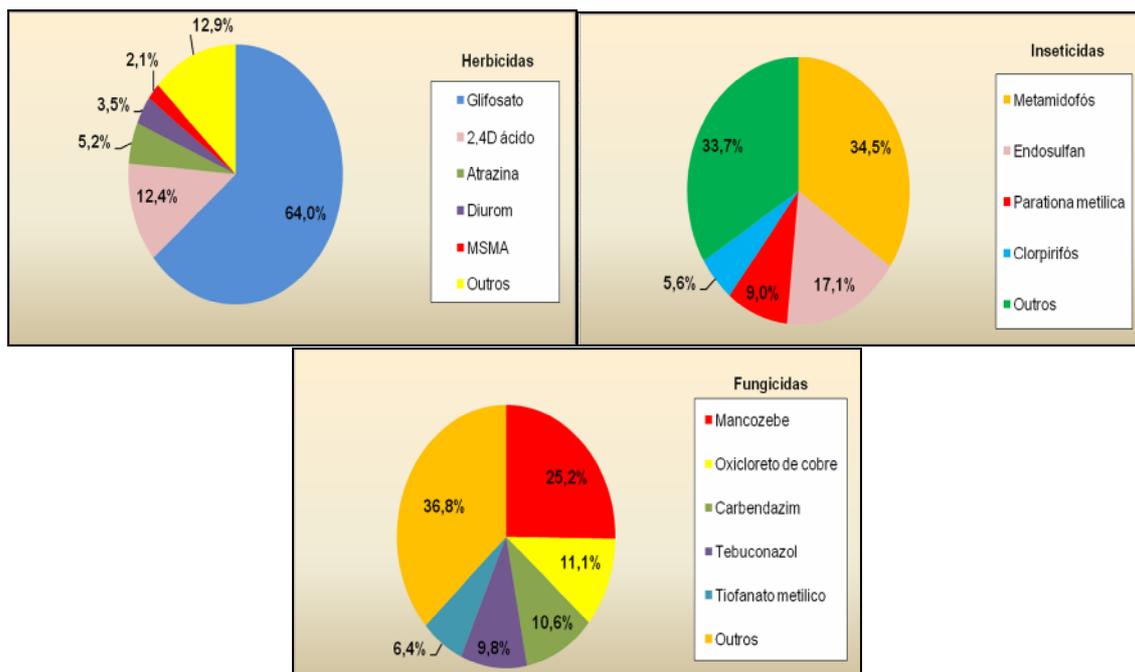
FONTE: SINDAG (2009)

A Tabela 12 relaciona os ingredientes ativos mais consumidos no país, para o período compreendido entre os anos de 2000 e 2005. Observa-se a predominância no uso do herbicida glifosato e o destaque para o 2,4D, que assumiu a 4ª posição por três anos consecutivos, atingindo o 2º. lugar em 2003 e 2004 e a 3ª. posição em 2005. A Figura 8 ilustra a distribuição percentual de ingredientes ativos de agrotóxicos, segundo três diferentes classes de uso, para o ano de 2005.

**Tabela 12. Ingredientes ativos mais consumidos no Brasil, entre 2000 e 2005**

Classificação nacional	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	Glifosato	Glifosato	Glifosato	Glifosato	Glifosato	Glifosato
2	Enxofre	Enxofre	Enxofre	2,4D	2,4D	Óleo mineral
3	Atrazina	Óleo mineral	Óleo mineral	Óleo mineral	Óleo mineral	2,4D
4	2,4D	2,4D	2,4D	Enxofre	Metamidofós	Metamidofós
5	Óleo mineral	Atrazina	Oxicloreto de cobre	Metamidofós	Enxofre	Enxofre

FONTE: IBAMA (2008)



**Figura 8. Distribuição percentual de ingredientes ativos consumidos em 2005 no Brasil, por classes de uso**  
 FONTE: IBGE (2008)

Além do glifosato, ressalta-se o uso substancial do metamidofós e do mancozebe, dentre as classes dos inseticidas e fungicidas, respectivamente. Ainda que se reconheça a relevância dos herbicidas, em termos do volume consumido no país, conforme verificado nas Figuras 7 e 8, bem como na Tabela 12, a análise da distribuição percentual indicada na Figura 8 evidencia fungicidas e inseticidas que merecem atenção quanto aos eventuais danos que podem causar à saúde humana (principalmente em virtude da exposição à água de consumo humano). Tal cuidado justifica-se pelo consumo destacado, dentre o total do grupo e o fato de tais substâncias não serem referenciadas no atual padrão de potabilidade nacional. Adicionalmente, para algumas dessas substâncias não há indicação de valores guias por parte da OMS. Nesse sentido, destaca-se que dentre as 14 substâncias sinalizadas na Figura 8, apenas quatro estão preconizadas na Portaria MS nº 518/2004 (atrazina, 2,4-D, glifosato e endossulfam) e uma (clorpirifós) embora não conste na legislação nacional, apresenta valor guia da OMS.

A Tabela 13 indica os princípios ativos mais utilizados em 2005 e as principais culturas para as quais seu uso é autorizado no Brasil. Ressalta-se a amplitude de culturas em que tais substâncias podem ser utilizadas, com destaque para lavouras

nacionais importantes, como algodão, café, soja e trigo, em que praticamente todos os ingredientes ativos elencados tem autorização para uso.

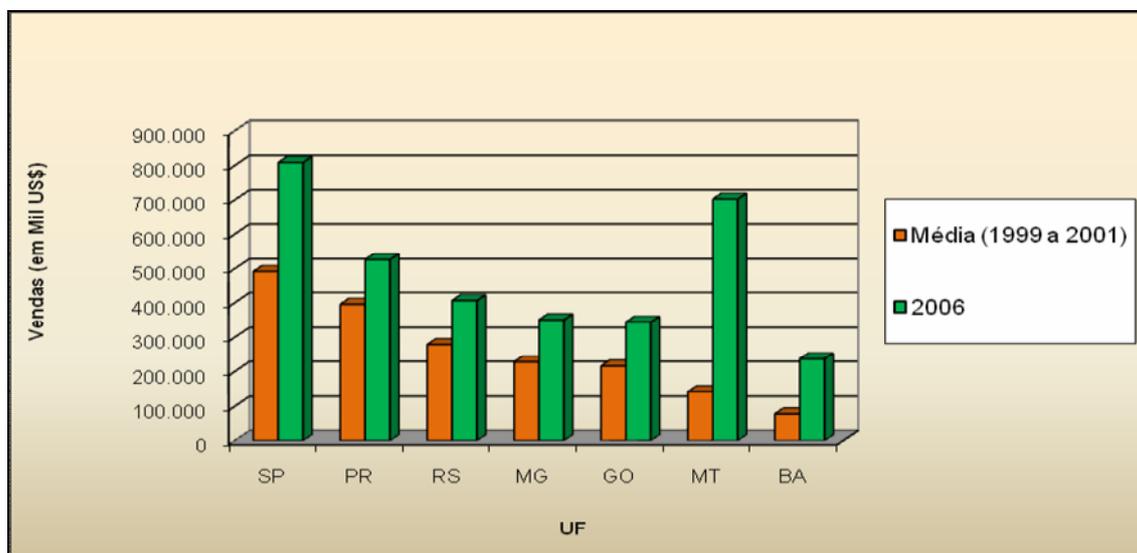
**Tabela 13. Princípios ativos mais utilizados (em 2005) e culturas com uso autorizado**

Classe de uso/ingrediente ativo	Algodão	Arroz	Banana	Café	Cana-de-açúcar	Cítricos	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Tomate	Trigo
<b>Herbicidas</b>												
Atrazina					X			X		X		
2,4-D		X		X	X			X	X	X		X
Diuron	X		X	X	X	X		X	X			X
Glifosato	X	X		X	X	X	X	X	X			X
MSMA	X			X	X	X						
<b>Inseticidas</b>												
Clorpirifós	X			X		X		X	X		X	X
Endossulfam	X			X	X				X			
Metamidofós	X						X		X		X	X
Parationa Metílica	X	X						X	X			X
<b>Fungicidas</b>												
Carbendazim	X					X	X		X			X
Mancozebe		X	X	X		X	X					X
Oxicloreto de cobre	X			X		X	X					
Tebuconazol	X	X		X		X	X	X	X			X
Tiofanato metílico	X		X	X		X	X		X			X

FONTE: ANVISA (2009f)

Em virtude do exposto sobre o conteúdo da Figura 8 e da Tabela 13 e, na ausência de dados mais recentes, presumindo que os princípios ativos sinalizados mantiveram uma mesma proporção de consumo nos últimos anos, acreditou-se que seria pertinente considerar, também, na etapa 3 deste trabalho as seguintes substâncias: diuron e MSMA (herbicidas); metamidofós e parationa metílica (inseticidas); mancozebe, oxicloreto de cobre, carbendazim, tebuconazol e tiofanato metílico (fungicidas).

A Figura 9 indica os sete estados brasileiros com maiores volumes de venda de agrotóxicos para duas situações: média do período compreendido entre 1999 a 2001 e 2006.

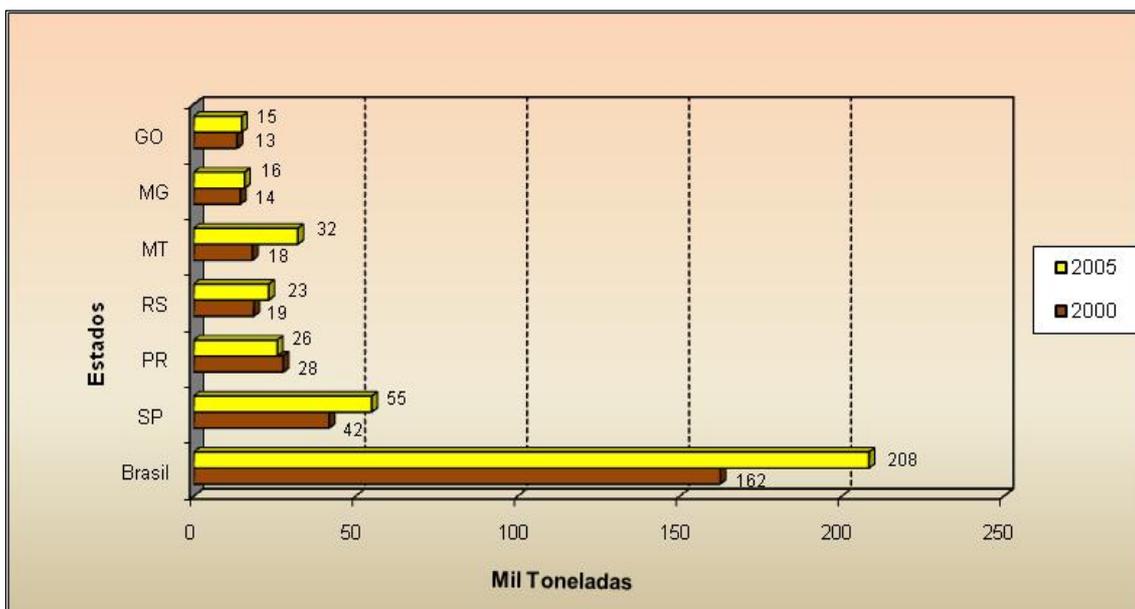


**Figura 9. Estados com maiores volumes de venda de agrotóxicos no país, em dois períodos distintos**

FONTE: Adaptado de BRASIL (2003) e SINDAG (2007)

Essa figura ressalta o crescimento acentuado na comercialização de agrotóxicos segundo as diferentes Unidades da Federação, com destaque para o Mato Grosso, que saltou da 6ª posição no período compreendido entre 1999 a 2001, para a 2ª. posição em 2006. Uma hipótese para esse incremento substancial na venda de agrotóxicos no Mato Grosso talvez seja o respectivo aumento na produção de soja nos últimos anos. O acréscimo no total de vendas referentes a esses sete estados foi de quase 185% entre os dois períodos apresentados: US\$ 1.828.761 (1999 a 2001) para US\$ 3.374.652 (2006).

A Figura 10 apresenta os seis estados com maiores consumos de princípios ativos, em toneladas, nos anos 2000 e 2005, assim como o total para o Brasil nesses dois períodos. Para a análise, foram considerados os valores totais referentes ao consumo de agrotóxicos e afins, pois para alguns estados o quantitativo de afins consumidos é bastante representativo. No estado de São Paulo, por exemplo, o consumo de afins representou quase 72% do consumo de agrotóxicos no ano 2000, o que em termos quantitativos de consumo geral torna-se significativo.



**Figura 10. Estados com maior consumo de ingrediente ativo (agrotóxicos e afins) e total para o Brasil, nos anos 2000 e 2005**

FONTE: Elaborado a partir de IBAMA (2000) e IBGE (2008)

O estado de São Paulo apresentou o maior consumo de princípios ativos em 2000 (quase 42 mil toneladas), o que representa mais de 25% do total consumido no país. A soma dos valores correspondentes ao consumo dos seis estados juntos representa 82% do total consumido no Brasil, no ano 2000. Para o ano de 2005, a Figura 10 indica que, com exceção do Paraná, todos os demais estados tiveram um aumento no consumo de agrotóxicos e afins em relação ao ano 2000. Esse aumento foi mais pronunciado para o Mato Grosso, cuja variação foi de 77,6%, saltando da 4ª. posição em 2000, para o 2º. lugar, em 2005. O Paraná, por sua vez, apresentou redução de 6,5% no consumo de agrotóxicos e afins, entre os dois anos, deixando a segunda posição ocupada em 2000, para a 3ª. na relação dos maiores estados consumidores. Embora não indicado na Figura 10, ressalta-se que, além do Paraná, outros cinco estados tiveram redução do consumo de agrotóxicos e afins no período: Alagoas (-9,8%), Amapá (-64,6%), Pernambuco (-15,2%), Rio de Janeiro (-30,5%) e Rondônia (-25,9%). O consumo médio nacional apresentou um acréscimo de 28,3% no período considerado.

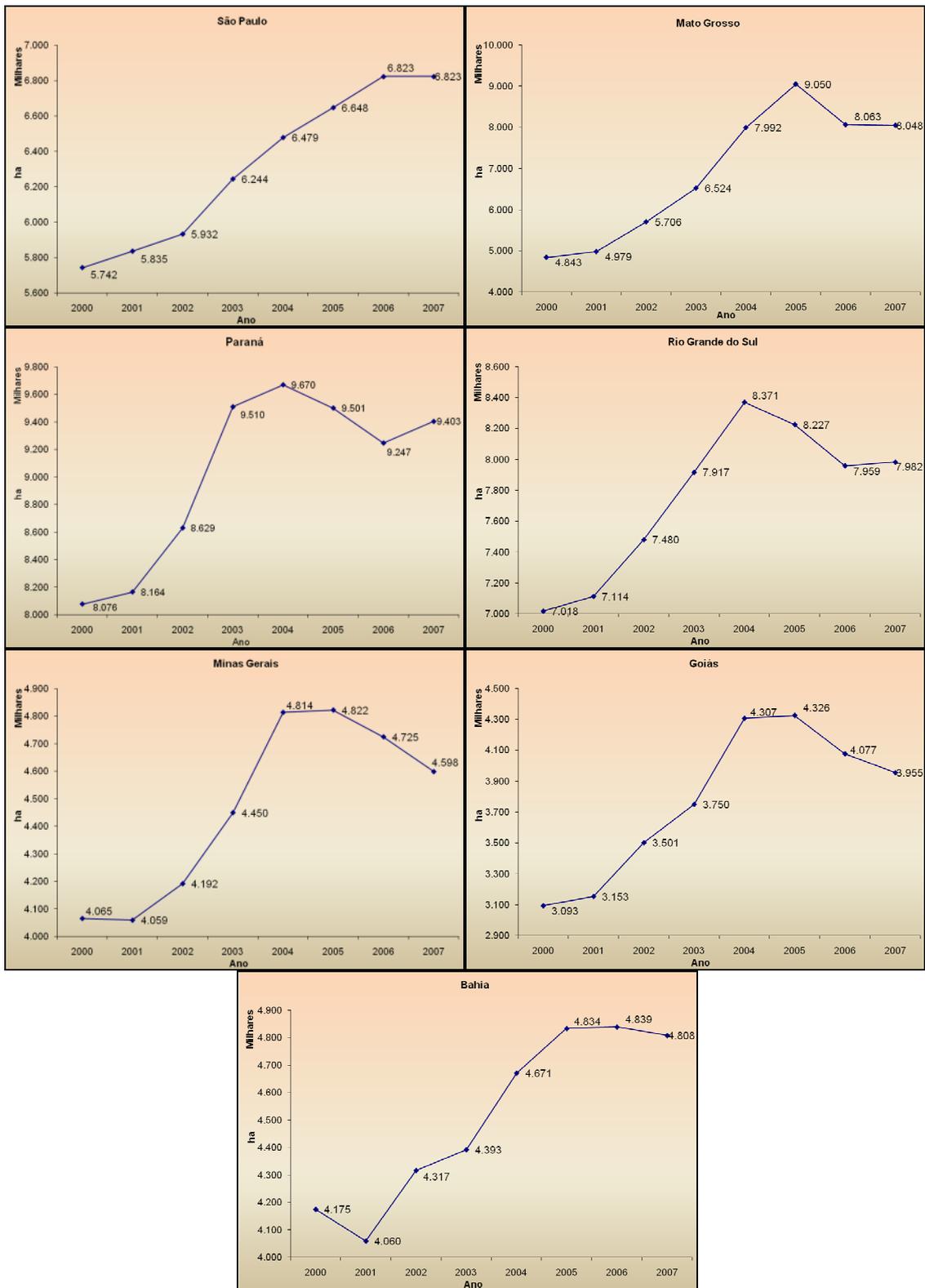
A Figura 10 guarda estreita relação com a Figura 9, no que tange ao volume médio de venda de agrotóxicos no período entre 1999 a 2001, à exceção do que se observa para a posição dos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. De maneira comparativa, Minas Gerais apresentou maior volume médio de vendas, em termos monetários, no período, mas especificamente no ano 2000, o estado do Mato Grosso apresentou maior consumo em toneladas, superando Goiás e Minas Gerais.

Cumprе ressaltar que o IBAMA e o SINDAG utilizam termos diferenciados para expressar a quantidade de agrotóxicos entregue ao comércio. Enquanto o IBAMA utiliza a denominação “consumo”, o SINDAG utiliza “vendas” (IBGE, 2008). Entretanto, ambas se referem à quantidade de agrotóxicos entregue ao comércio e, não diretamente aos produtores.

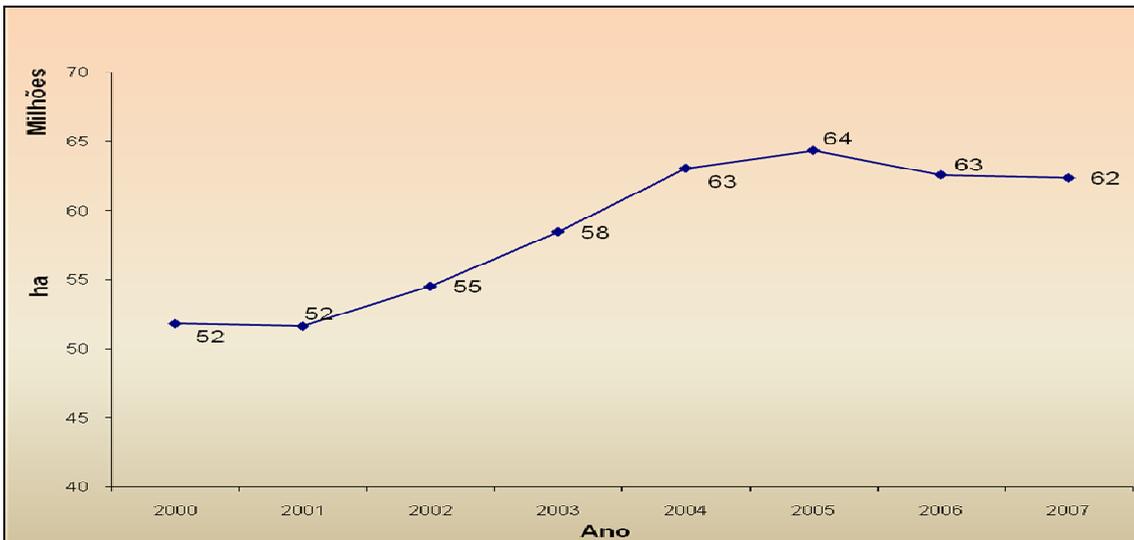
A Figura 11 apresenta séries históricas das áreas plantadas para o período de 2000 a 2007, segundo os sete estados com maiores volumes de vendas de agrotóxicos, em 2006. A Figura 12 apresenta a mesma série histórica para todo o país. Os dados foram obtidos para culturas temporárias e permanentes<sup>13</sup>. A curva referente ao estado de São Paulo apresentou crescimento no período, com ápice em 2006, cujo valor foi mantido no ano seguinte, de 2007. As curvas para os demais estados e para a média nacional apresentaram comportamento semelhante, no que se refere ao aumento gradual de área plantada com o passar do tempo, atingindo um patamar entre os anos de 2004 e 2005, com ligeira redução e estabilização a partir do ano de 2006. Essa variação de áreas plantadas, verificada entre os anos de 2004 e 2006, pode ser responsável pelo observado na Figura 6, no que tange ao faturamento líquido da indústria de agrotóxicos no Brasil, para este mesmo período.

---

<sup>13</sup> Culturas temporárias: lavouras de curta duração e que estão sujeitas ao replantio após a colheita. Culturas permanentes: lavouras de longa duração e que não necessitam de novo plantio, produzindo por mais de um ano. (GIUSTINA, 1995)



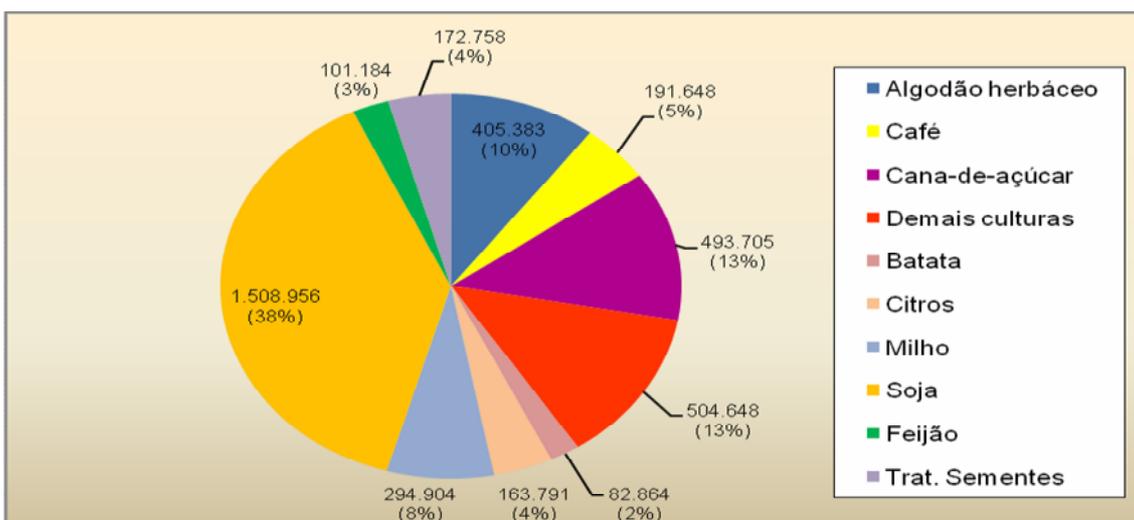
**Figura 11. Evolução das áreas plantadas no período de 2000 a 2007, em hectares (ha), nos Estados com maiores volumes de venda de agrotóxicos em 2006**  
 FONTE: Elaborado a partir de IBGE (2009)



**Figura 12. Área Plantada de culturas temporárias e permanentes no Brasil, no período de 2000 a 2007, em hectare (ha)**

FONTE: Elaborado a partir de IBGE (2009)

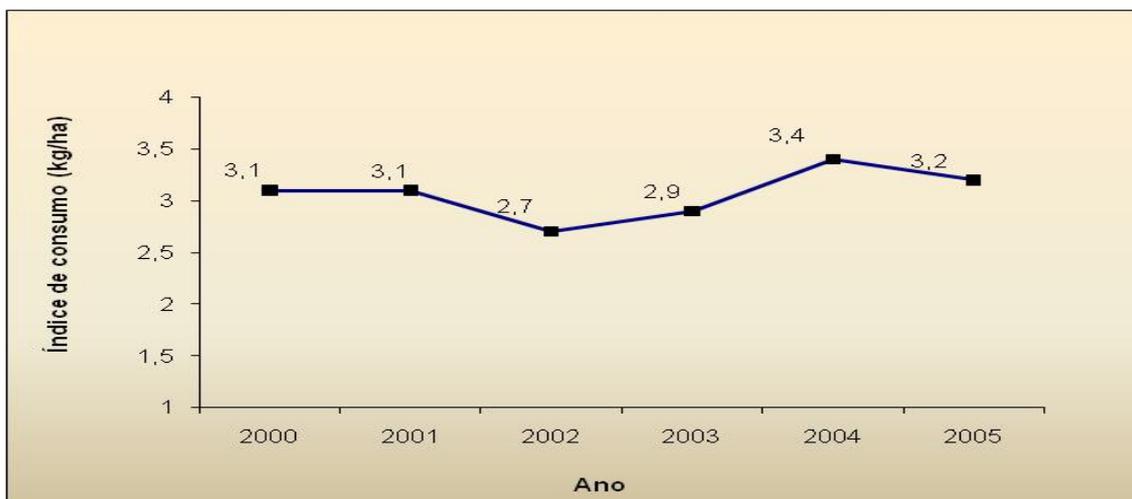
Ao se pensar no aumento substancial da área plantada nos últimos anos para os estados referenciados, é indiscutível não se falar também e, por conseqüência, no acréscimo do consumo de agrotóxicos, sobretudo para aqueles estados em que o aumento da área plantada foi motivado pelo plantio da soja. A venda de agrotóxicos para a cultura da soja representou o maior valor, em termos monetários, correspondendo a 38,5% do total das vendas no país, no ano de 2006. Em seguida, vieram a cana-de-açúcar (12,6%), algodão herbáceo (10,3%), milho (7,5%), café (4,9%) e citros (4,2%), totalizando 78% do montante comercializado para aquele ano, conforme indicado na Figura 13 (SINDAG, 2007).



**Figura 13. Comercialização de agrotóxicos no Brasil, em US\$ 1.000, no ano de 2006**

FONTE: SINDAG (2007)

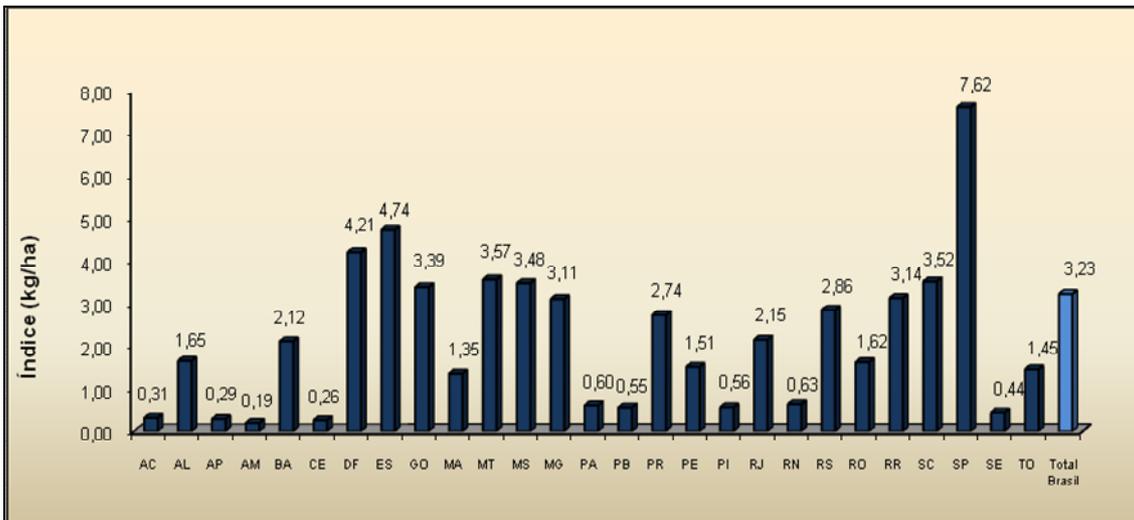
A Figura 14 apresenta uma série histórica da intensidade de consumo de agrotóxicos e afins no Brasil, entre os anos 2000 a 2005, em termos de quilogramas de substâncias por hectare plantado (kg/ha). Nesse período, o ano de 2002 foi o que representou menor consumo médio nacional por área plantada (2,7 kg/ha) e o ano de 2004 apresentou o maior índice do período (3,4 kg/ha). O valor médio para o índice de consumo de agrotóxicos no Brasil no período destacado foi de 3,07 kg/ha.



**Figura 14. Variação do índice de consumo de agrotóxicos no Brasil no período de 2000 a 2005, em kg/ha**

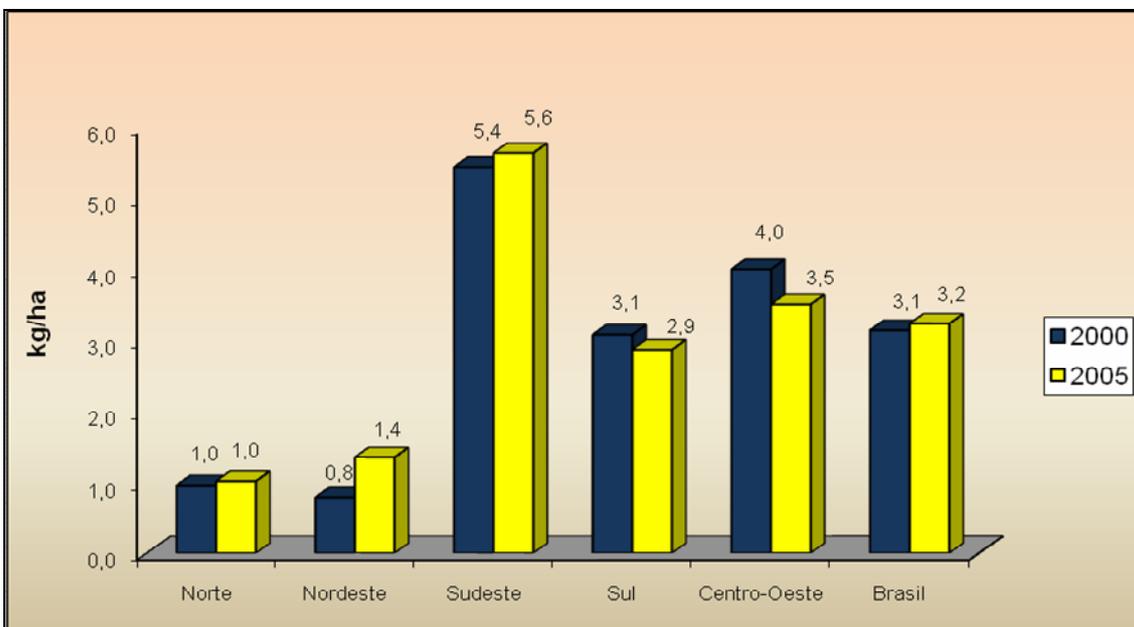
FONTE: Elaborado a partir de IBAMA (2000) e IBGE (2008)

As especificidades dos estados condicionam maior ou menor contribuição pontual no crescimento médio do setor agrícola nacional, sobretudo quanto às áreas plantadas e consumo de agrotóxicos. Especificamente para o ano de 2005, a Figura 15 ilustra a intensidade de uso de agrotóxicos e afins, para os estados e para o Brasil. O gráfico aponta que os índices variaram entre 0,2 kg/ha (Amazonas) e 7,6 kg/ha (São Paulo), sendo que o índice nacional ficou em 3,2 kg/ha.



**Figura 15. Intensidade de uso de agrotóxicos e afins no Brasil, no ano 2005, em kg/ha**  
 FONTE: Elaborado a partir de IBGE (2008)

A Figura 16 indica as variações na intensidade de uso de agrotóxicos e afins em dois períodos distintos: 2000 e 2005, para as cinco regiões brasileiras. Ainda que os dados refiram-se a limites temporais específicos, destaca-se a importante contribuição da região sudeste enquanto componente da média nacional, seguida pelas regiões centro-oeste e sul. Tal contribuição está relacionada, naturalmente, à posição destacada dos estados de SP, MG, MT GO, PR e RS, no cenário agrícola nacional.

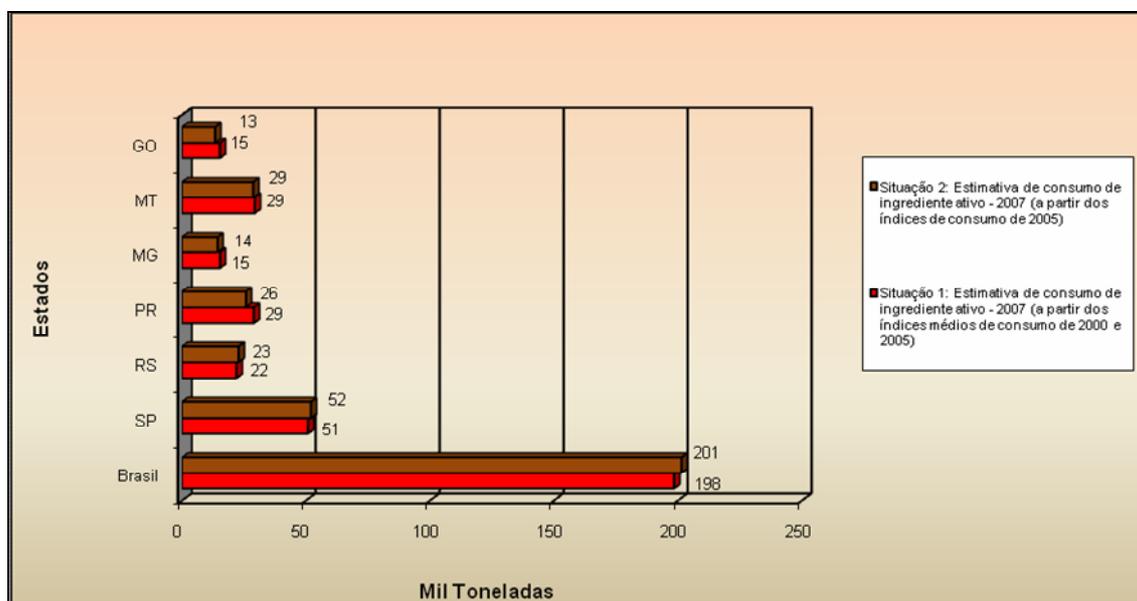


**Figura 16. Intensidade de uso de agrotóxicos e afins, nos anos 2000 e 2005, segundo as diferentes regiões do país, em kg/ha**  
 FONTE: Elaborado a partir de IBAMA (2000) e IBGE (2008)

Conforme referenciado, não foi possível obter, das fontes oficiais do país, informações sobre o consumo de agrotóxicos e afins nos estados, nos dois últimos anos.

Adicionalmente, as informações mais recentes e disponíveis sobre áreas plantadas de lavouras permanentes e temporárias referem-se ao ano de 2007. Nesse sentido, Faria *et al.* (2007) assinalam quanto à necessidade urgente de um sistema confiável de informações sobre o consumo de agrotóxicos no Brasil e enfatizam que o receituário agrônomo, que tinha o controle de uso dessas substâncias como um de seus objetivos, vem se distanciando desse intuito.

Diante disso, foi feito um exercício no sentido de tentar estimar o quantitativo de consumo, segundo dois critérios diferentes. As estimativas foram conduzidas a partir de informações sobre área plantada no ano de 2007 e dos índices de consumo de agrotóxicos nos estados (2000 e 2005) e no Brasil (período compreendido entre os anos de 2000 a 2005). Reconhece-se, todavia, que tais estimativas tornam-se frágeis ao se considerar que as oscilações relacionadas ao consumo de agrotóxicos apresentam uma conjuntura bem mais complexa do que o assinalado por prováveis tendências observadas em curvas de séries temporais. A despeito dessa limitação, a Figura 17 ilustra os resultados obtidos, segundo os dois diferentes critérios utilizados, na estimativa do consumo de agrotóxicos e afins, no ano de 2007, para os seis estados com maior consumo e total para o Brasil.



**Figura 17. Estimativa da intensidade de uso de agrotóxicos e afins no Brasil no ano 2007, em kg/ha, a partir do uso de índices médios de consumo em 2000 e 2005**

FONTE: Elaborado a partir de IBAMA (2000) e IBGE (2008; 2009)

As estimativas apresentadas na Situação 1 foram obtidas mediante o uso, para cada estado, do índice médio referente aos anos de 2000 e 2005 e a respectiva área plantada em 2007. Essa média foi utilizada ao se verificar que o índice médio correspondente, nestes dois anos, para o Brasil (3,15 kg/ha) é próximo do valor médio nacional referente ao período compreendido entre 2000 a 2005 (3,07 kg/ha), com uma variação inferior a 2,6%. Dessa maneira, o consumo nacional de agrotóxicos e afins no ano de 2007 foi estimado em 198 mil toneladas. O estado de São Paulo responderia por 25,6% do quantitativo nacional, o que significaria um consumo de quase 51 mil toneladas. O estado do Mato Grosso segue como o segundo maior consumidor nacional, com pouco mais de 29 mil toneladas e, na sequência, o Paraná, com quase 29 mil toneladas de agrotóxicos e afins, consumidos em 2007.

A Situação 2 foi desenvolvida a partir da consideração dos mesmos índices de consumo de 2005 (em kg/ha), disponíveis para todos os estados, juntamente com as respectivas áreas plantadas no ano de 2007. Os valores estimados para essa situação não diferem muito daqueles apresentados para a Situação 1; destaca-se ligeiro aumento na estimativa prevista para os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, manutenção dos valores para o Mato Grosso e pequeno decréscimo para os demais estados. A estimativa média nacional sofreu acréscimo de apenas 1,5% em relação à Situação 1.

As Tabelas 14 a 19 apresentam informações sobre os ingredientes ativos autorizados para uso nas seis principais culturas nacionais com maiores volumes de vendas de agrotóxicos (em mil dólares) no ano de 2006, já referenciadas (ANVISA, 2009c).

Segundo a ANVISA, 134 diferentes ingredientes ativos têm seu uso autorizado para a cultura da soja. Dentre esses ingredientes ativos, 65,4% referem-se às substâncias classificadas como medianamente tóxicas ou pouco tóxicas, caracterizadas pelas classes III e IV. As classes I e II (extremamente tóxicas e altamente tóxicas, respectivamente) respondem por 12% e 22,6%, respectivamente, da totalidade de ingredientes ativos autorizados para uso nesta cultura. Em termos dos grupos químicos relacionados, há 52 diferentes grupos, sendo 9,7% de piretróides, 8,2% de triazóis e 6,7% de organofosforados, dentre a totalidade de ingredientes ativos. Os outros 49 grupos respondem por 75,4% dos ingredientes ativos (Tabela 14).

**Tabela 14. Caracterização dos ingredientes ativos autorizados no Brasil, para a cultura da soja**

Cultura	Nº. i.a autorizados	% de i.a autorizados, por classe toxicológica				% de i.a autorizados, por grupos químicos			
		I	II	III	IV	OF	PIR	Triazol	Outros
<b>Soja</b>	134	12,0	22,6	41,4	24,0	6,7	9,7	8,2	75,4

FONTE: ANVISA (2009c)

NOTAS: i.a: ingrediente ativo; OF: organofosforado; PIR: piretróide

A cultura da cana-de-açúcar possui 67 ingredientes ativos com uso autorizado no Brasil. Desse quantitativo, quase metade (46,3%) referem-se a substâncias classificadas como medianamente tóxicas, classe III. A segunda classe com maior número de princípios ativos relacionados é a classe I (extremamente tóxico), respondendo por 20,9% do total autorizado. O total de princípios ativos autorizados para a cana-de-açúcar está distribuído entre 39 grupos químicos, cujo principal representante em termos quantitativos é a sulfoniluréia, que responde por 10,4% do total de ingredientes ativos. O grupo das triazinas vem a seguir, com 6,0% (Tabela 15).

**Tabela 15. Caracterização dos ingredientes ativos autorizados no Brasil, para a cultura da cana-de-açúcar**

Cultura	Nº. i.a autorizados	% de i.a autorizados, por classe toxicológica				% de i.a autorizados, por grupos químicos		
		I	II	III	IV	Sulfoniluréia	Triazina	Outros
<b>Cana-de-açúcar</b>	67	20,9	14,9	46,3	17,9	10,4	6,0	83,6

FONTE: ANVISA (2009c)

NOTAS: i.a: ingrediente ativo

A cultura de algodão herbáceo pode contar com 151 diferentes ingredientes ativos cujo uso é autorizado pela ANVISA. Desse total, mais de 40% são classificados como extremamente tóxicos ou altamente tóxicos, classes I e II, respectivamente. Em termos do número de grupos químicos relacionados, há 69 diferentes grupos, sendo que os organofosforados encontram-se em maior número, perfazendo 12,6% do total de ingredientes ativos autorizados, seguidos dos piretróides (9,3%) e dos triazóis, com 5,3% (Tabela 16).

**Tabela 16. Caracterização dos ingredientes ativos autorizados no Brasil, para a cultura do algodão**

Cultura	Nº. i.a autorizados	% de i.a autorizados, por classe toxicológica				% de i.a autorizados, por grupos químicos			
		I	II	III	IV	OF	PIR	Triazol	Outros
<b>Algodão herbáceo</b>	151	14,7	28,7	32,7	24,0	12,6	9,3	5,3	72,8

FONTE: ANVISA (2009c)

NOTAS: i.a: ingrediente ativo; OF: organofosforado; PIR: piretróide

A ANVISA autoriza 110 diferentes princípios ativos para o uso na cultura do milho. Desses, a predominância é de substâncias medianamente tóxicas (classe III), com 38,2%. Entretanto, um percentual considerável refere-se às substâncias classificadas como extremamente tóxicas ou altamente tóxicas, isto é: as classes I (15,5%) e II (22,7%), respectivamente. Os ingredientes ativos autorizados são constituídos por 47 grupos químicos distintos, sendo que 11,8% referem-se aos piretróides. Os organofosforados respondem por 9,1% e os cloroacetanilidas por 3,6% (Tabela 17).

**Tabela 17. Caracterização dos ingredientes ativos autorizados no Brasil, para a cultura do milho**

Cultura	Nº. i.a autorizados	% de i.a autorizados, por classe toxicológica				% de ingredientes ativos autorizados, por grupos químicos			
		I	II	III	IV	OF	PIR	Cloroacetanilida	Outros
<b>Milho</b>	110	15,5	22,7	38,2	23,6	9,1	11,8	3,6	75,5

FONTE: ANVISA (2009c)

NOTAS: i.a: ingrediente ativo; OF: organofosforado; PIR: piretróide

Existem 115 diferentes princípios ativos autorizados pelo Governo Federal para uso na cultura do café. Desse universo, quase metade compreende substâncias das classes I (21,2%) e II (25,7%), extremamente tóxicas e altamente tóxicas, respectivamente. Tais princípios ativos estão distribuídos entre 56 grupos químicos, dos quais os organofosforados, piretróides e triazóis respondem por 33% do total de ingredientes ativos, conforme Tabela 18.

**Tabela 18. Caracterização dos ingredientes ativos autorizados no Brasil, para a cultura do café**

Cultura	Nº. i.a autorizados	% de i.a autorizados, por classe toxicológica				% de ingredientes ativos autorizados, por grupos químicos			
		I	II	III	IV	OF	PIR	Triazol	Outros
<b>Café</b>	115	21,2	25,7	35,4	17,7	12,2	10,4	10,4	67,0

FONTE: ANVISA (2009c)

NOTAS: i.a: ingrediente ativo; OF: organofosforado; PIR: piretróide

A cultura de citros possui 112 princípios ativos autorizados para uso no país, sendo que mais de 60% deles está compreendido entre as classes III (33,9%) e IV (28,6%), medianamente tóxicos e pouco tóxicos, respectivamente. A Classe I (extremamente tóxico) está presente em 11,6% dos ingredientes autorizados, ao passo que a Classe II (altamente tóxico) responde por 25,9%. Os princípios ativos autorizados para os citros estão compreendidos entre 67 diferentes grupos químicos, sendo que os percentuais atribuídos aos organofosforados e piretróides são 12,5% e 6,3%, respectivamente, dentre a totalidade de princípios ativos autorizados (Tabela 19).

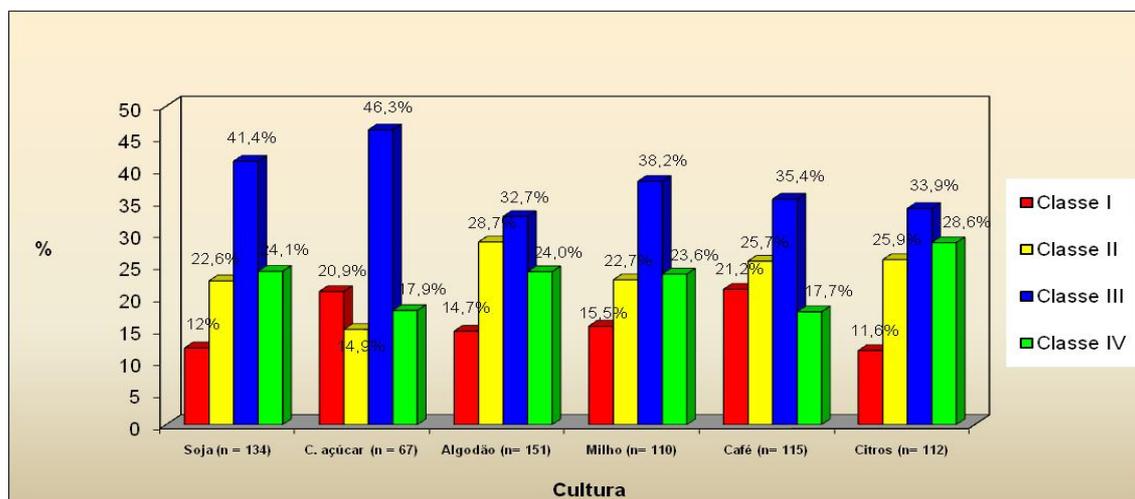
**Tabela 19. Caracterização dos ingredientes ativos autorizados no Brasil, para a cultura de citros**

Cultura	Nº. i.a autorizados	% de i.a autorizados, por classe toxicológica				% de ingredientes ativos autorizados, por grupos químicos		
		I	II	III	IV	OF	PIR	Outros
<b>Citros</b>	112	11,6	25,9	33,9	28,6	12,5	6,3	81,3

FONTE: ANVISA (2009c)

NOTAS: OF: organofosforado; PIR: piretróide

A Figura 18 apresenta um comparativo entre as seis culturas com maiores volumes de vendas de agrotóxicos em 2006, em termos do quantitativo de ingredientes ativos autorizados e classes toxicológicas correspondentes. Observa-se que a classe predominante é a III (medianamente tóxicos), seguida das classes II (altamente tóxicos) e IV (pouco tóxicos). A cultura do café apresenta o maior somatório para os percentuais das classes I e II (46,9%), seguida das culturas do algodão (43,4%), milho (38,2%), citros (37,5%), cana de açúcar (35,8%) e soja (34,6%).



**Figura 18. Culturas com maiores volumes de vendas de agrotóxicos em 2006 e princípios ativos autorizados para uso no país, segundo a classe toxicológica**

FONTE: ANVISA (2009c)

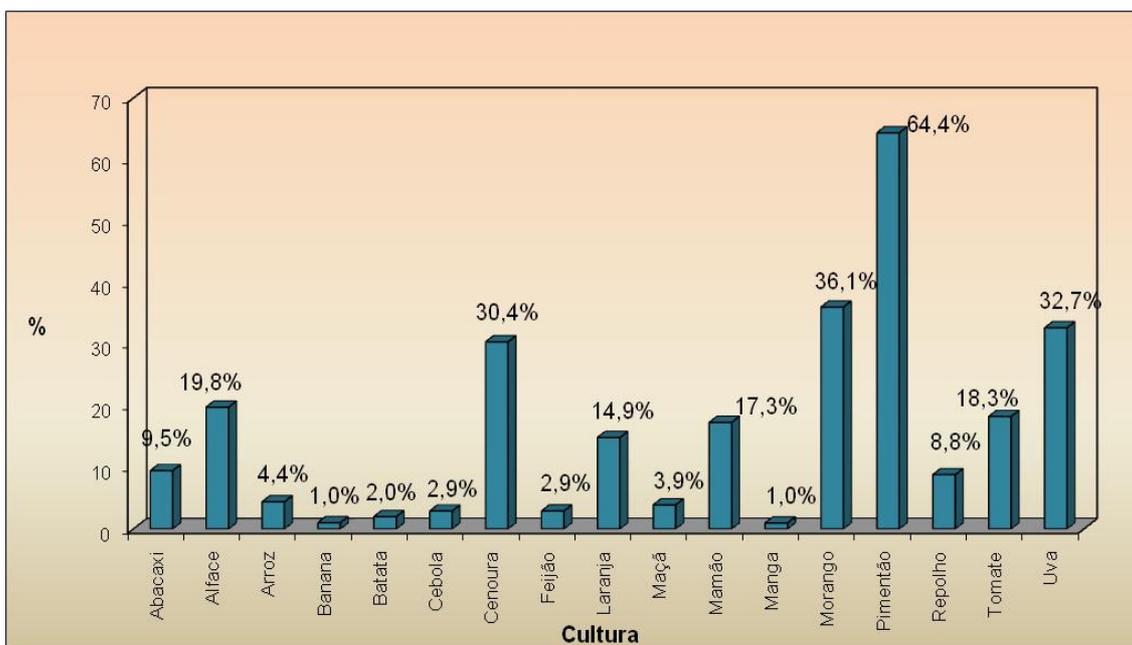
## **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**

A ANVISA coordena, desde 2001, um monitoramento da presença de agrotóxicos em alimentos, a partir do denominado Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). O objetivo geral do programa é avaliar, de maneira continuada, os níveis de resíduos de agrotóxicos em alimentos *in natura*, que chegam até o consumidor. O programa é conduzido em conjunto com os órgãos de vigilância sanitária de 25 estados participantes e do Distrito Federal. Em 2008, o PARA monitorou 17 culturas: abacaxi, alface, arroz, banana, batata, cebola, cenoura, feijão, laranja, maçã, mamão, manga, morango, pimentão, repolho, tomate e uva, em 15 Unidades da Federação. As análises foram realizadas pelo Instituto Octávio Magalhães/Fundação Ezequiel Dias (IOM/FUNED), em Minas Gerais, Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) e Laboratório Central (LACEN), no Paraná (ANVISA, 2010).

A Figura 19 apresenta resultados consolidados para as 17 culturas monitoradas no PARA no ano de 2008, em termos dos percentuais de amostras insatisfatórias. Esses resultados referem-se ao monitoramento efetuado nos seguintes estados: Acre, Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe e Tocantins, destacando-se a ausência dos estados de Mato Grosso e São Paulo no referido monitoramento. A denominação de amostra insatisfatória diz respeito tanto à identificação de resíduos de agrotóxicos acima do Limite Máximo de Resíduo (LMR)<sup>14</sup> quanto de ingredientes ativos cujo uso não é autorizado para a cultura específica (ANVISA, 2010). As culturas do pimentão, morango, uva e cenoura apresentaram os maiores percentuais de inconformidades das amostras. Manga e banana são as culturas com os menores percentuais de amostras insatisfatórias: 1%.

---

<sup>14</sup> LMR: quantidade máxima de resíduo de agrotóxico ou afim aceita no alimento, em virtude da aplicação adequada numa fase específica, desde a produção até o consumo, expressa em ppm ou mg/kg (BRASIL, 2002).



**Figura 19. Percentual de amostras insatisfatórias no PARA – 2008, em termos da presença de resíduos de agrotóxicos acima do LMR ou da identificação de ingredientes ativos com uso não autorizado para determinada cultura**

FONTE: ANVISA (2010)

Ainda quanto aos resultados do PARA – 2008, a Tabela 20 apresenta a relação de ingredientes ativos encontrados nas 17 culturas monitoradas, bem como a especificidade da detecção: nível acima do LMR ou substância com uso não autorizado para a cultura. Destaca-se que os ditiocarbamatos não foram analisados na cultura da alface (ANVISA, 2010).

Observa-se que para todas as culturas foram identificadas substâncias cujo uso não é autorizado, com destaque para: alface, mamão, morango e pimentão, que apresentaram o maior número de ingredientes ativos. Além disso, verifica-se uma grande variedade de ingredientes ativos não autorizados e, dentre as 17 culturas avaliadas, nove apresentaram resíduos de agrotóxicos acima do limite máximo permitido (LMR).

**Tabela 20. Detalhamento das culturas com amostras insatisfatórias, em termos dos ingredientes ativos encontrados - PARA - 2008**

Cultura	Ingredientes ativos encontrados nas amostras insatisfatórias	
	Acima LMR	Não autorizado para a cultura
Abacaxi	-	Acefato, cipermetrina, ditiocarbamatos e ometoato
Alface	-	Acefato, carbaril, carbendazim, clorpirifós, deltametrina, dimetoato, fempropatrina, metamidofós, metomil, tebuconazol
Arroz	-	Ciproconazol, flutriafol, metamidofós, miclobutanil
Banana	-	Fenarimol
Batata	Acefato	Endossulfam
Cebola		Acefato
Cenoura		Acefato, clorpirifós, dimetoato, metamidofós, profenofós
Feijão	Metamidofós	Ciproconazol, diurom
Laranja	Triazofós	Cipermetrina, endossulfam, esfenvalerato, parationa-metílica, procloraz, profenofós
Maçã	Metidationa	Diclorvós, triazofós
Mamão	Carbendazim, clorotalonil, famoxadona, trifloxistrobina	Acefato, acetamiprido, ciflutrina, dimetoato, endossulfam, epoxiconazol, metamidofós, metidationa
Manga	-	Metidationa
Morango	Ditiocarbamatos, fempropatrina, tebuconazol	Acefato, captana, clorfenapir, clorotalonil, clorpirifós, deltametrina, endossulfam, folpete, metamidofós, procloraz, tetradifona
Pimentão	Acefato, clorotalonil, deltametrina, defenoconazol	Bifentrina, bromopropilato, carbendazim, cipermetrina, clorpirifós, dicofol, endossulfam, esfenvalerato, fempropatrina, fenarimol, lambda-cialotrina, metamidofós, permetrina, procimidona, procloraz, profenofós, tebuconazol, triazofós
Repolho	-	Carbendazim, epoxiconazol, fentoato, metamidofós, procimidona, tebuconazol
Tomate	Fentoato, permetrina	Aldicarbe, aletrina, ciproconazol, clorpirifós, clorpirifós-metílico, folpete, metamidofós
Uva	bifentrina	Acefato, cipermetrina, clorfenapir, clorpirifós, delametrina, dimetoato, endossulfam, fempropatrina, metamidofós, tetradifona

FONTE: Elaborado a partir de ANVISA (2010)

Estudo desenvolvido por Sarcinelli *et al.*, (2005) em mananciais de água bruta e tratada de sete estados brasileiros indicou que 57% dos princípios ativos detectados não eram indicados para as culturas praticadas nos locais de coleta das amostras. Os resultados desse estudo, em adição aos resultados do PARA de 2008, reforçam a grande facilidade de aquisição de agrotóxicos no comércio varejista sem receituário agrônomo e, ainda, a inexistência de fiscalização adequada.

Somado ao descontrolado no comércio de agrotóxicos e na adoção de boas práticas agrícolas por parte dos produtores, materializado pela detecção de resíduos de agrotóxicos acima dos limites estabelecidos, a ANVISA assinala que o uso de substâncias proibidas para determinadas culturas evidencia a necessidade de que os órgãos responsáveis pela saúde, trabalho, meio ambiente e agricultura estejam atentos às

condições de trabalho dos pequenos agricultores, responsáveis por grande parte da produção de frutas, verduras e legumes consumidos no país (ANVISA, 2010). Além da preocupação direta com a saúde dos produtores e de seus familiares, bem como dos consumidores das culturas avaliadas, os resultados do PARA também sinalizam para a importante questão do uso descontrolado de agrotóxicos no meio rural e em desacordo com as boas práticas agrícolas, o que poderia comprometer, também, a qualidade dos mananciais utilizados para abastecimento local e regional. Sob esse aspecto, estudo realizado por Filizola *et al.* (2002) identificou a prática de lavagem dos tanques de aplicação e embalagens de agrotóxicos em córregos localizados no município de Guaiara/SP.

### **Agrotóxicos proibidos em outros países, mas com uso ainda freqüente no Brasil**

O avanço no conhecimento científico mundial ao longo dos anos permitiu conhecer as propriedades toxicológicas e os riscos inerentes à exposição a diversas substâncias químicas. Assim, compostos como os organoclorados, que originalmente eram tidos como seguros aos humanos e ao meio ambiente, foram posteriormente reconhecidos como altamente tóxicos, persistentes no ambiente e passíveis de acumulação nas cadeias tróficas. Esse conhecimento foi preponderante para justificar e pressionar governos em diversas partes do mundo a restringirem ou banirem a produção e utilização de tais substâncias (TRAUTMANN; PORTER; WAGENET, 1985).

Os agrotóxicos que figuram dentre a lista dos doze poluentes orgânicos persistentes (POP), embora banidos ou com uso restrito em grande parte do mundo, ainda estão presentes no ambiente, devido à sua elevada persistência e, assim, passíveis de serem encontrados na água destinada ao consumo humano (YOUNES; GALALGORCHEV, 2000). Além disso, dados oficiais dos países quanto ao monitoramento de agrotóxicos no ambiente nem sempre consideram algumas substâncias por terem seu uso proibido e, supostamente, não serem utilizadas. Entretanto, pesquisas contemplando tais substâncias podem indicar a existência de uso ilegal de uma série de agrotóxicos (WHO, 2007). Sabe-se, por exemplo, que muitos agrotóxicos já proibidos em outros países do mundo, como Estados Unidos, Canadá, Japão, China e países da União Européia, continuam sendo produzidos e importados pelo Brasil e em outros países em desenvolvimento (ANVISA, 2009a; RISSATO *et al.* 2006; YOUNES; GALALGORCHEV, 2000; WHO, 2009).

O banimento do DDT no Brasil foi oficializado pela Lei nº 11.936, de 14 de maio de 2009, que proíbe a fabricação, importação, exportação, manutenção em

estoque, comercialização e o uso dessa substância, no país. Essa regulamentação estabeleceu o prazo de trinta dias para que os estoques de produtos contendo DDT fossem incinerados, sem prejuízos ao ambiente, nem riscos à saúde humana e animal. Adicionalmente, a referida lei preconiza que o Poder Executivo deverá conduzir, no período máximo de dois anos, estudos de avaliação do impacto ambiental e sanitário decorrentes do uso do DDT no controle de vetores de doenças na Amazônia (BRASIL, 2009a).

Segundo o Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002 (BRASIL, 2002), cabe ao Ministério da Saúde, por meio da ANVISA, juntamente com o MMA, através do IBAMA e com o MAPA, a importante atribuição de proceder à reavaliação toxicológica dos princípios ativos utilizados em agrotóxicos, no país. Tal reavaliação deverá ocorrer quando há alterações nos riscos à saúde, comparados aos riscos avaliados à época da concessão do registro de determinado princípio ativo (ANVISA, 2009a).

Atualmente, cinco princípios já tiveram seu uso proibido pela ANVISA (benomil, heptacloro, monocrotofós, lindano e pentaclorofenol) e diversos outros (dentre os quais, captana, folpete, carbendazim, clorpirifós, metamidofós) tiveram seu uso restringido. Juntos, esses princípios ativos eram utilizados na manufatura de mais de 300 agrotóxicos no país (ANVISA, 2010).

No ano de 2008, diversas decisões judiciais impediram a ANVISA de realizar a reavaliação de quatorze ingredientes ativos, utilizados em mais de 200 agrotóxicos. Sobre esta questão, Milanez *et al.* (2008) criticam o posicionamento de grandes indústrias fabricantes de agrotóxicos em relação aos processos de reavaliação dos registros de tais substâncias. Os autores destacam, ainda, que o registro dos agrotóxicos, ao contrário dos medicamentos, não tem prazo de validade e, portanto, somente mediante tal procedimento de reavaliação, os produtos já obsoletos ou aqueles passíveis de serem substituídos por outros menos tóxicos poderão ser suprimidos formalmente do mercado. Aliado ao que foi destacado pelos referidos autores, diversos agrotóxicos foram registrados anteriormente a 1990 e, portanto, não apresentam classificação toxicológica o que endossa a importância da reavaliação do registro também dessas substâncias.

A Tabela 21 indica a relação das substâncias em processo de reavaliação no Brasil, os países em que essas substâncias foram proibidas e os problemas relacionados que justificariam uma nova reavaliação toxicológica. Dentre as substâncias elencadas nesta tabela, a ANVISA disponibilizou em sua página eletrônica notas técnicas

referentes aos resultados da reavaliação do acefato e do endossulfam. Tais notas assinalam a recomendação principal de banimento do endossulfam e utilização restrita do acefato (ANVISA, 2009d; 2009e).

Cabe ressaltar a importância assumida pelo endossulfam, enquanto substância muito utilizada nas culturas do algodão, café, cana-de-açúcar e soja e, ainda que o uso seja proibido em outras culturas, também tem sido encontrado em amostras de culturas de batata, mamão, morango, pimentão e uva (ANVISA, 2009d).

**Tabela 21. Relação de princípios ativos atualmente em processo de reavaliação toxicológica, pela ANVISA**

<b>Lista de princípios ativos</b>	<b>Alguns países onde está proibido</b>	<b>Problemas relacionados</b>
Abamectina		Toxicidade aguda; Suspeita de toxicidade reprodutiva do ingrediente ativo e de seus metabólitos
Acefato	Comunidade Européia	Neurotoxicidade; Suspeita de carcinogenicidade e de toxicidade reprodutiva; Necessidade de revisar a Ingestão Diária Aceitável (IDA)
Endossulfam	Comunidade Européia, Índia (só está autorizada a produção do agrotóxico)	Alta toxicidade aguda; Suspeita de desregulação endócrina e toxicidade reprodutiva
Forato	Comunidade Européia, Estados Unidos	Alta toxicidade aguda e neurotoxicidade
Fosmete	Comunidade Européia	Neurotoxicidade
Glifosato		Larga utilização; Casos de intoxicação; Solicitação de revisão da IDA, por parte de empresa registrante, Necessidade de controle de impurezas presentes no produto técnico e possíveis efeitos toxicológicos adversos
Lactofem	Comunidade Européia	Carcinogênico para humanos
Metamidofós	Comunidade Européia, China, Índia	Alta toxicidade aguda e neurotoxicidade
Paraquate	Comunidade Européia	Alta toxicidade aguda e toxicidade
Parationa Metfílica	Comunidade Européia, China	Neurotoxicidade; Suspeita de desregulação endócrina; Mutagenicidade e carcinogenicidade
Tiram	Estados Unidos	Estudos demonstram mutagenicidade, toxicidade reprodutiva e suspeita de desregulação endócrina
Triclorfom	Comunidade Européia	Neurotoxicidade; Potencial carcinogênico e toxicidade reprodutiva

FONTE: ANVISA (2009a)

### 5.3. ETAPA 3 – Caracterização dos agrotóxicos de interesse

A idéia inicial do trabalho era avaliar apenas os agrotóxicos que constam na Portaria MS n° 518/2004 e aqueles sinalizados pela 3ª. Edição dos guias da OMS, com valor recomendado. Entretanto, os resultados obtidos na Etapa 2 evidenciaram nove princípios ativos cujo consumo foi destacado no Brasil, no ano de 2005 (último ano com informações disponíveis para o consumo de agrotóxicos, segundo as diferentes classes de uso) e que não estavam contemplados na Portaria MS n° 518/2004 (BRASIL, 2005a), tampouco dentre as substâncias com valores preconizados pela 3ª. Edição dos guias da OMS. Destaca-se, por exemplo, que dentre os cinco fungicidas mais utilizados no país em 2005, nenhum figura nas duas listas referenciadas. Dessa forma, os agrotóxicos avaliados nesta terceira etapa foram divididos em três grupos, conforme referenciados na Tabela 22.

**Tabela 22. Agrotóxicos avaliados neste trabalho, segundo o grupo característico**

Descrição do Grupo	Composição
<b>Grupo 1</b> Agrotóxicos referenciados no atual padrão de potabilidade nacional (Portaria MS n° 518/2004)	Alacolor, aldrin, dieldrin, atrazina, bentazona, clordano (isômeros), 2,4-D, DDT (isômeros), endossulfam, endrin, glifosato, heptacloro, heptacloro epóxido, hexaclorobenzeno, lindano (gama-BHC), metolacloro, metoxicloro, molinato, pendimetalina, pentaclorofenol, permetrina, propanil, simazina, trifluralina.
<b>Grupo 2</b> Agrotóxicos que não constam na Portaria MS n° 518/2004, mas que possuem valor guia recomendado na 3ª. Edição das Diretrizes da OMS	Aldicarbe, carbofurano, clorpirifos, cyanazina, diclorprop, dimetoato, fenoprop, isoproturon, mecoprop, MCPA, 2,4-DB, 1,2-Dibromoetano, 1,2-Dibromo-3 Cloropropano, 1,2-Dicloropropano (1,2-DCP), 1,3-Dicloropropeno, 2,4,5-T.
<b>Grupo 3</b> Agrotóxicos destacadas na segunda etapa do trabalho e que não são considerados no padrão de potabilidade nacional, tampouco possuem valor guia na 3ª. Edição das Diretrizes da OMS	Carbendazim, diurom, MSMA, mancozebe, metamidofós, oxicloreto de cobre, parationa metílica, tebuconazol e tiofanato metílico.

#### **i) Identificação, propriedades físicas, persistência no ambiente, potencial para bioacumulação e tratabilidade**

##### **Identificação**

A Tabela 23 detalha as substâncias em termos da classe de uso, classificação toxicológica e índice da monografia da substância, junto à ANVISA, quando pertinente.

**Tabela 23. Identificação das substâncias estudadas**

Substância	Classe <sup>(1)</sup>	Classificação Toxicológica <sup>(2)</sup>	Índice ANVISA	Substância	Classe <sup>(1)</sup>	Classificação Toxicológica <sup>(2)</sup>	Índice ANVISA
<b>Grupo 1</b>							
Alacloro	H	III	A06	Hexaclorobenzeno	Fu	I	–
Aldrin / Dieldrin	I, A	I	–	Lindano (-γBHC)	I	II	–
Atrazina	H	III	A14	Metolacloro	H	III	M16
Bentazona	H	III	B03	Metoxicloro	I	III	–
Clordano	I	I	–	Molinato	H	II	M21
2,4D	H	I	D27	Pendimetalina	H	III	P05
DDT	I	I	–	Pentaclorofenol	Fu	I	–
Endossulfam	A, I, Fo	I	E02	Permetrina	I, Fo	III	P06
Endrin	I	I	–	Propanil	H	III	P16
Glifosato	H	IV	G01	Simazina	H	III	S03
Heptacloro	I	I	–	Trifluralina	H	III	T24
Heptacloro epóxido	I	I	–				
<b>Grupo 2</b>							
Aldicarbe	A, I, N A, C, I,	I	A07	Diclorprop	H	IV	–
Carbofurano	N	I	C06	Dimetoato	A, I	II	D18
Clorotoluron	H	(TI)	–	Fenoprop	H	(NC)	–
Clorpirifós	A, Fo, I	II	C20	Isoproturon	H	IV	–
Cianazina	H	II	C08	MCPA	H	III	M04
2,4DB	H	IV	–	Mecoprop	H	IV	–
1,2-Dibromo-3 Cloropr.	Fu, N	(NC)	–	Piriproxifem	I	IV	P34
1,2-Dibromoetano	Fu, N	(NC)	–	2,4,5-T	H	(NC)	–
1,2-Dicloropropano	Fu, N	(NR)	–	Terbutilazina	H	III	T39
1,3-Dicloropropeno	Fu, N	(NC)	–				
<b>Grupo 3</b>							
Carbendazim	Fu	III	C24	Oxicloreto de cobre	B, Fu	IV	C55-2
Diurrom	H	III	D25	Parationa metílica	A, I	I	P03
MSMA	H	II	M24	Tebuconazol	Fu	IV	T32
Mancozebe	A, Fu	III	M02	Tiofanato metílico	Fu	IV	T14
Metamidofós	A, I	I	M10				

FONTE: Elaborado a partir de: ANVISA (2009c; 2009f) WHO (2005);

NOTAS:

(1) Classes: A: Acaricida; B: Bactericida; C: Cupinicida; Fo: Formicida; Fu: Fungicida; H: Herbicida; I: Inseticida; N: Nematicida

(2) Classificação toxicológica: Classe I: extremamente tóxico; Classe II: altamente tóxico; Classe III: medianamente tóxico; Classe IV: pouco tóxico;

(-) Agrotóxico não registrado ou cujo uso foi proibido, no Brasil, de modo que a monografia do ingrediente ativo não é disponibilizada pela ANVISA.

(NC): Não classificado

(NR): Não relacionado

(TI): Toxicidade improvável

A Tabela 23 indica, para o Grupo 1, que quase metade das substâncias contempladas na legislação brasileira não possui autorização de uso no Brasil (n = 10), sendo que a maioria dessas (n = 8) é classe I, extremamente tóxica, além do lindano (classe II) e do metoxicloro, que é classe III. Para as demais substâncias, a predominância é da classe III (alacloro, atrazina, bentazona, metolacloro, pendimetalina, permetrina, propanil, simazina e trifluralina)

No Grupo 2, dentre as 19 substâncias referenciadas, apenas oito tem seu uso autorizado no país: aldicarbe e carbofurano (classe I), clorpirifós, cianazina e dimetoato (classe II), MCPA e terbutilazina (classe III) e piriproxifem (classe IV).

No Grupo 3, a predominância é de substâncias das classes III e IV (n = 3), seguidas da classe I (n = 2) e II (n = 1), conforme a estratificação:

- Classe I: metamidofós e parationa metílica
- Classe II: MSMA
- Classe III: carbendazim, diurom e mancozebe
- Classe IV: oxicloreto de cobre, tebuconazol e tiofanato metílico

### **Propriedades físicas**

A Tabela 24 apresenta a caracterização dos princípios ativos, em termos de suas propriedades físicas e contempla: Solubilidade em água (mg/L); Meia-vida na água (dias); Meia-vida no solo aeróbio (dias); Meia-vida no solo anaeróbio (dias), Coeficiente de adsorção no solo (Log Koc) e Constante de Henry (atm.m<sup>3</sup>/mol).

Em algumas situações, observou-se variabilidade considerável nos valores apontados para as propriedades físicas. Esse fato pode ser atribuído, além do arranjo molecular das substâncias, que pode sofrer variações entre produtos formulados de um mesmo princípio ativo (CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008), às distinções sobre a forma e o local onde os dados foram obtidos. Pessoa *et al.* (2007) afirmam que esses parâmetros são grandemente influenciados por características físico-químicas dos solos, o que incluiria o teor de matéria orgânica, pH, assim como por características climáticas, sobretudo temperatura.

Dentre o total de substâncias avaliadas, apenas oito tiveram todos os campos preenchidos, na Tabela 24. A meia vida no solo anaeróbio foi a propriedade menos encontrada na literatura. Para as substâncias piriproxifem e oxicloreto de cobre não foram encontradas quaisquer informações sobre as propriedades físicas, junto às diferentes fontes consultadas. Terbutilazina, carbendazim, clorotoluron e isoproturon apresetaram apenas valores de solubilidade em água e da Constante de Henry.

Para as substâncias do Grupo 1, os valores relacionados ao coeficiente de adsorção no solo (Log Koc) variaram entre 1,67 (atrazina) e 7,67 (aldrin). No Grupo 2, essa variação foi de 1,04 (dimetoato) e 3,99 (clorpirifós) e, no Grupo 3, o menor valor para o logaritmo do coeficiente de adsorção no solo foi 0,90 (metamidofós) e 3,78 (mancozebe).

Em relação à solubilidade em água, as substâncias do Grupo 3 apresentaram valores para esta propriedade variando entre 25 mg/L (tiofanato metílico) e  $1,2 \times 10^6$  mg/L (metamidofós).

Dentre as substâncias do Grupo 3, o diurom apresentou o valor mais elevado para a meia-vida na água, ao passo que o menor tempo de degradação na água (6 dias) refere-se ao mancozebe.

As informações referentes à meia-vida das substâncias no solo aeróbio indicaram o metamidofós e o tiofanato metílico com um dia de degradação e o tebuconazol, com 597 dias.

**Tabela 24. Caracterização das substâncias, segundo suas propriedades físicas**

Substância	Solub. Água (mg/L)	Meia-vida água (dias)	Meia-vida solo aerób. (dias)	Meia-vida solo anaer. (dias)	Coef. adsorç. solo (Log Koc)	Const. Henry (atm. m <sup>3</sup> /mol)	Substância	Solub. Água (mg/L)	Meia-vida água (dias)	Meia-vida solo aerób. (dias)	Meia-vida solo anaer. (dias)	Coef. adsorç. Solo (Log Koc)	Const. Henry (atm. m <sup>3</sup> /mol)
<b>Grupo 1</b>													
Alacloro	200	30	20	5	2,11	3,2x10 <sup>-8</sup>	Heptacloro epóxido	0,275	1.460	-	-	4,37	3,2x10 <sup>-5</sup>
Aldrin	0,011	35	53	-	7,67	4,9x10 <sup>-5</sup>	Hexaclorobenzeno	0,006	-	-	-	6,08	5,8x10 <sup>-4</sup>
Diieldrin	0,25	723	-	-	6,67	5,2x10 <sup>-6</sup>	Lindano (-γBHC)	7	53	980	-	3,14	3,5x10 <sup>-6</sup>
Atrazina	70	30	145	159	1,97	2,9x10 <sup>-9</sup>	Metolacloro	493	200	26	61	2,28	9,16x10 <sup>-9</sup>
Bentazona	500	-	7	-	-	2,2x10 <sup>-9</sup>	Metoxicloro	0,04	365	100	30	4,90	1,6x10 <sup>-5</sup>
Clordano	1,85	-	1.440	-	4,64	4,8x10 <sup>-5</sup>	Molinato	970	1.560	-	105	2,29	4,1x10 <sup>-6</sup>
2,4D	2,76x10 <sup>4</sup>	39	34	333	3,98	4,3x10 <sup>-6</sup>	Pendimetalina	0,375	60	172	-	3,85	2,2x10 <sup>-5</sup>
DDT (isômeros)	0,025	56	-	-	5,18	8,3x10 <sup>-6</sup>	Pentaclorofenol	14,0	-	-	-	4,50	3,4x10 <sup>-6</sup>
Endossulfam	0,32	-	27	-	4,09	1,0x10 <sup>-4</sup>	Permetrina	0,006	3.597	30	108	4,59	1,4x10 <sup>-6</sup>
Endrin	0,2	-	-	-	4,53	4,0x10 <sup>-7</sup>	Propanil	152	5.000	2	3	2,71	1,7x10 <sup>-8</sup>
Glifosato	11.600	35	96	22	-	4,1x10 <sup>-19</sup>	Simazina	6	28	110	71	2,53	9,4x10 <sup>-10</sup>
Heptacloro	0,05	3,5	-	-	4,34	2,9x10 <sup>-4</sup>	Trifluralina	0,4	-	-	-	-	1,0x10 <sup>-4</sup>
<b>Grupo 2</b>													
Aldicarbe	5.870	28	2	2	2,38	1,4x10 <sup>-9</sup>	Diclorprop	865	-	10	-	-	8,7x10 <sup>-11</sup>
Carbofurano	351	18	22	20	1,39	3,1x10 <sup>-9</sup>	Dimetoato	39.800	68	2	22	1,04	1,0x10 <sup>-10</sup>
Clorotoluron	70	-	-	-	-	1,4x10 <sup>-10</sup>	Fenoprop	71	-	17	-	-	9,1x10 <sup>-9</sup>
Clorpirifós	1,18	2.118	30,5	-	3,99	1,2x10 <sup>-5</sup>	Isoproturon	65	-	-	-	-	1,1x10 <sup>-10</sup>
Cianazina	171	3.680	98	108	2,27	2,6x10 <sup>-12</sup>	MCPA	300	30	24	-	-	1,3x10 <sup>-9</sup>
2,4DB	46	17	-	24	-	2,3x10 <sup>-9</sup>	Mecoprop	734	31	13	541	1,41	1,8x10 <sup>-8</sup>
1,2-Dibromo-3 Cloropropano	1.230	-	-	-	2,17	1,4x10 <sup>-4</sup>	Piriproxifem	-	-	-	-	-	-
1,2-Dibromoetano	4.290	4.750	-	-	1,82	8,2x10 <sup>-4</sup>	2,4,5-T	1,5x10 <sup>6</sup>	-	20	-	-	8,7x10 <sup>-9</sup>
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	2.700	1.200	52	-	1,67	2,0x10 <sup>-3</sup>	Terbutilazina	8,5	-	-	-	-	3,7x10 <sup>-8</sup>
1,3-Dicloropropeno	2.250	10	20	2	1,50	2,7x10 <sup>-3</sup>							
<b>Grupo 3</b>													
Carbendazim	29	-	-	-	-	2,1x10 <sup>-11</sup>	Oxicloreto de cobre	-	-	-	-	-	-
Diurom	36	1.290	372	995	2,69	5,0x10 <sup>-10</sup>	Parationa metflica	70	45	12	1	2,7	6,2x10 <sup>-6</sup>
MSMA	1,04x10 <sup>6</sup>	35	269	-	3,22	2,8x10 <sup>-14</sup>	Tebuconazol	32	28	597	1.260	3,00	1,5x10 <sup>-10</sup>
Mancozebe	2,0x10 <sup>4</sup>	6	3	-	3,78	1,5x10 <sup>-11</sup>	Tiofanato metflico	25	41	1	2	2,35	1,2x10 <sup>-9</sup>
Metamidofós	1,2x10 <sup>6</sup>	21	1	-	0,90	1,6x10 <sup>-11</sup>							

FONTE: Elaborado a partir de: ATSDR (2008); EXTTOXNET (2010); HEALTH CANADA (2010); IARC (2009b); IPCS (2009) PAN (2009a); TOXNET (2010); USEPA (1989; 2010)

NOTA: (-) Sem informação

### **Persistência e potencial para bioacumulação**

A Tabela 25 apresenta, para os três grupos de substâncias, informações sobre a persistência e potencial para bioacumulação. Ressalta-se que não foram obtidas informações nas referências consultadas, para todos os princípios ativos dos três grupos considerados.

Para todas as substâncias do Grupo 1 foram apontadas informações sobre a persistência. Com exceção da bentazona, glifosato, molinato e propanil, as demais substâncias desse grupo foram sinalizadas como persistentes no ambiente. Quanto ao potencial para bioacumulação, das dezoito substâncias com informação referenciada, apenas quatro não foram indicadas com esta característica (alacloro, atrazina, 2,4-D e glifosato).

Dos dezenove princípios ativos do Grupo 2, apenas dez foram referenciados em termos da persistência, com destaque para os seguintes, categorizados como persistentes: aldicarbe, 1,2-dibromoetano e 1,3-dicloropropeno. Já em relação ao potencial para bioacumulação, as informações obtidas para dez princípios ativos indicaram que essas substâncias não apresentam tal característica.

Adicionalmente, foi feito um detalhamento em termos da classificação de periculosidade ambiental para as substâncias dos grupos 1 e 2 que possuem autorização de uso no Brasil, conforme indicado nas Figuras 20 e 21, respectivamente.

Para o Grupo 3 não foram encontradas informações sobre persistência e potencial para bioacumulação junto às fontes consultadas e, diante disso, foi feito apenas o detalhamento do percentual de produtos formulados correspondentes às diferentes classes de periculosidade ambiental, conforme expresso na Figura 22.

**Tabela 25. Caracterização dos ingredientes ativos, segundo a persistência no ambiente e potencial para bioacumulação**

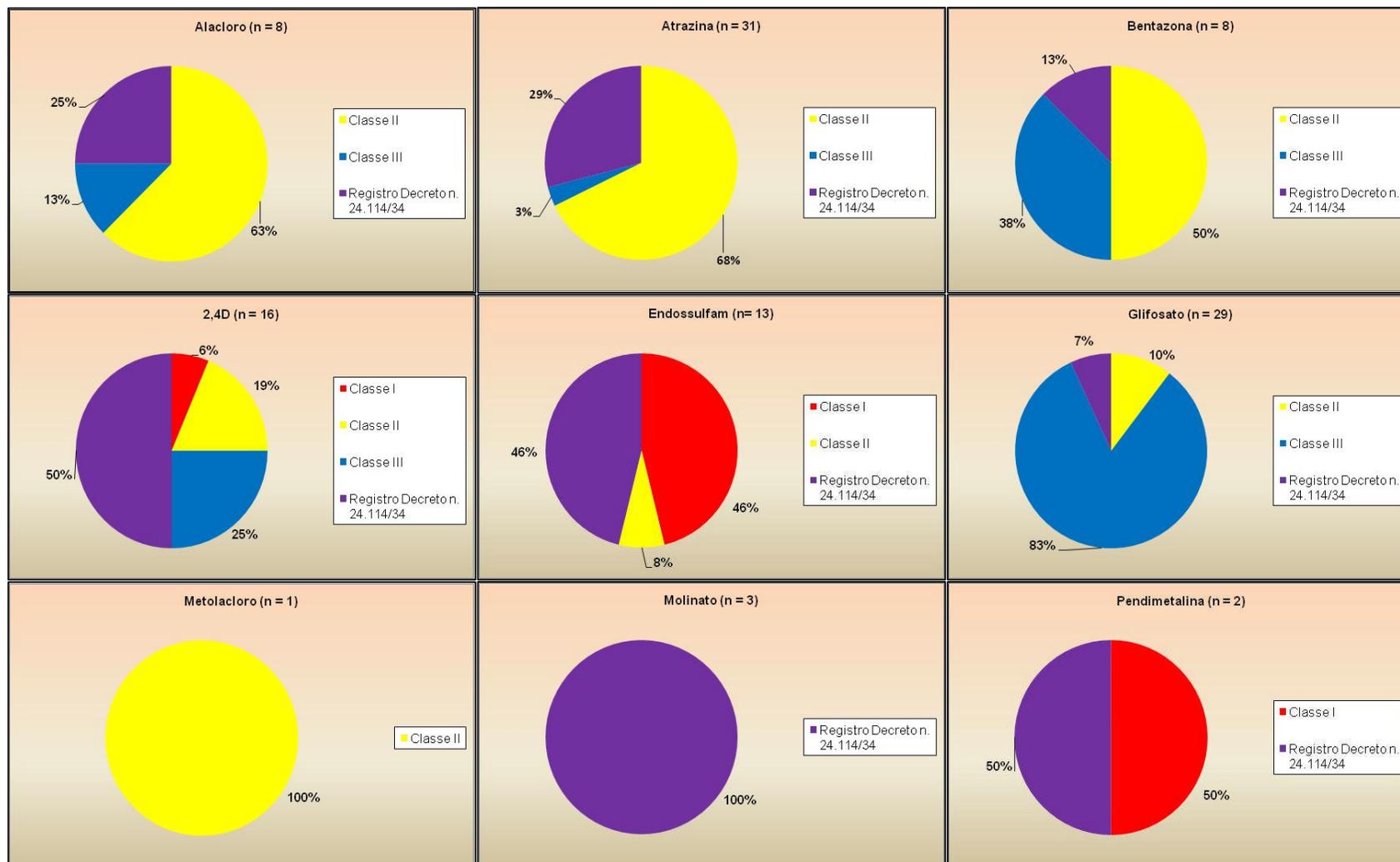
Substância	Persistência no Ambiente		Potencial para bioacumulação		Substância	Persistência no Ambiente		Potencial para bioacumulação	
	Sim	Não	Sim	Não		Sim	Não	Sim	Não
<b>Grupo 1</b>									
Alacloro	x			x	Hexaclorobenzeno	x			x
Aldrin / Dieldrin	x		x		Lindano (-γBHC)	x			x
Atrazina	x			x	Metolacloro	x			x
Bentazona		x	-	-	Metoxicloro	x			x
Clordano (isômeros)	x		x		Molinato		x	-	-
2,4D	x			x	Pendimetalina	x			x
DDT (isômeros)	x		x		Pentaclorofenol	x			x
Endossulfam	x		x		Permetrina	x			-
Endrin	x		-	-	Propanil		x	-	-
Glifosato		x		x	Simazina	x			x
Heptacloro	x		x		Trifluralina	x			x
Heptacloro epóxido	x		x						
<b>Grupo 2</b>									
Aldicarbe	x			x	Diclorprop		x		x
Carbofurano	-	-		x	Dimetoato		x		x
Clorotoluron	-	-	-	-	Fenoprop	-	-	-	-
Clorpirifós		x		x	Isoproturon	-	-	-	-
Cianazina	-	-	-	-	MCPA	-	-	-	-
2,4DB		x		x	Mecoprop		x		
1,2-Dibromo-3 Cloropropano		x		x	Piriproxifem	-	-	-	-
1,2-Dibromoetano	x			x	2,4,5-T		x		x
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	-	-		x	Terbutilazina	-	-	-	-
1,3-Dicloropropeno	x								
<b>Grupo 3</b>									
Carbendazim	-	-	-	-	Oxicloreto de cobre	-	-	-	-
Diurum	-	-	-	-	Parationa metflica	-	-	-	-
MSMA	-	-	-	-	Tebuconazol	-	-	-	-
Mancozebe	-	-	-	-	Tiofanato metflico	-	-	-	-
Metamidofós	-	-	-	-					

FONTE: Adaptado de ATSDR (2008); EXTOXNET (2010); HEALTH CANADA (2010); IPCS (2009); LARINI (1997); USEPA (1989; 2010)

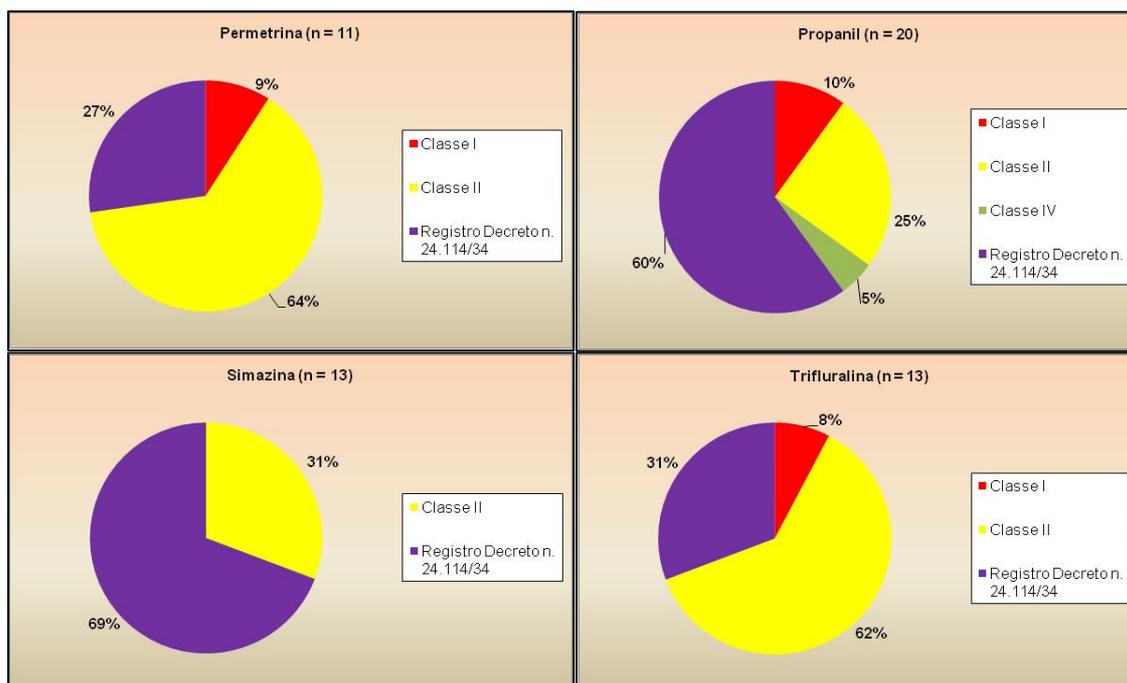
NOTA: (-) Sem informação

Para as substâncias do Grupo 1, foi feito o detalhamento sobre o potencial de periculosidade ambiental dos produtos formulados a base de treze diferentes princípios ativos. A classe II (muito perigoso) caracteriza 37% dos produtos indicados, seguida da classe III (perigoso), com 20% de todos os agrotóxicos formulados a base das substâncias indicadas na Figura 20. A referida figura indica, ainda, que com exceção do metolacoloro, todos os princípios ativos indicados apresentam produtos cujo registro de uso é anterior ao ano de 1990, ou seja, não tiveram que apresentar resultados de estudos ambientais nem foram classificados, em termos da periculosidade ambiental, com destaque para a simazina e o propanil com 69% (n = 9) e 60% (n = 12), respectivamente.

Quanto ao endossulfam, seis produtos formulados a base desta substância são categorizadas como classe I, em termos de periculosidade ambiental (altamente perigoso). Segundo verificado, há dois produtos registrados no Brasil a partir da pendimetalina, sendo um registrado antes de 1990 e outro com classificação ambiental classe I. Cabe destacar, também, a baixíssima participação da classe IV (pouco perigoso) dentre os produtos formulados dos princípios ativos apresentados. Apenas o propanil apresenta um único agrotóxico nesta categoria, dentre os 20 produtos formulados à base desta substância.



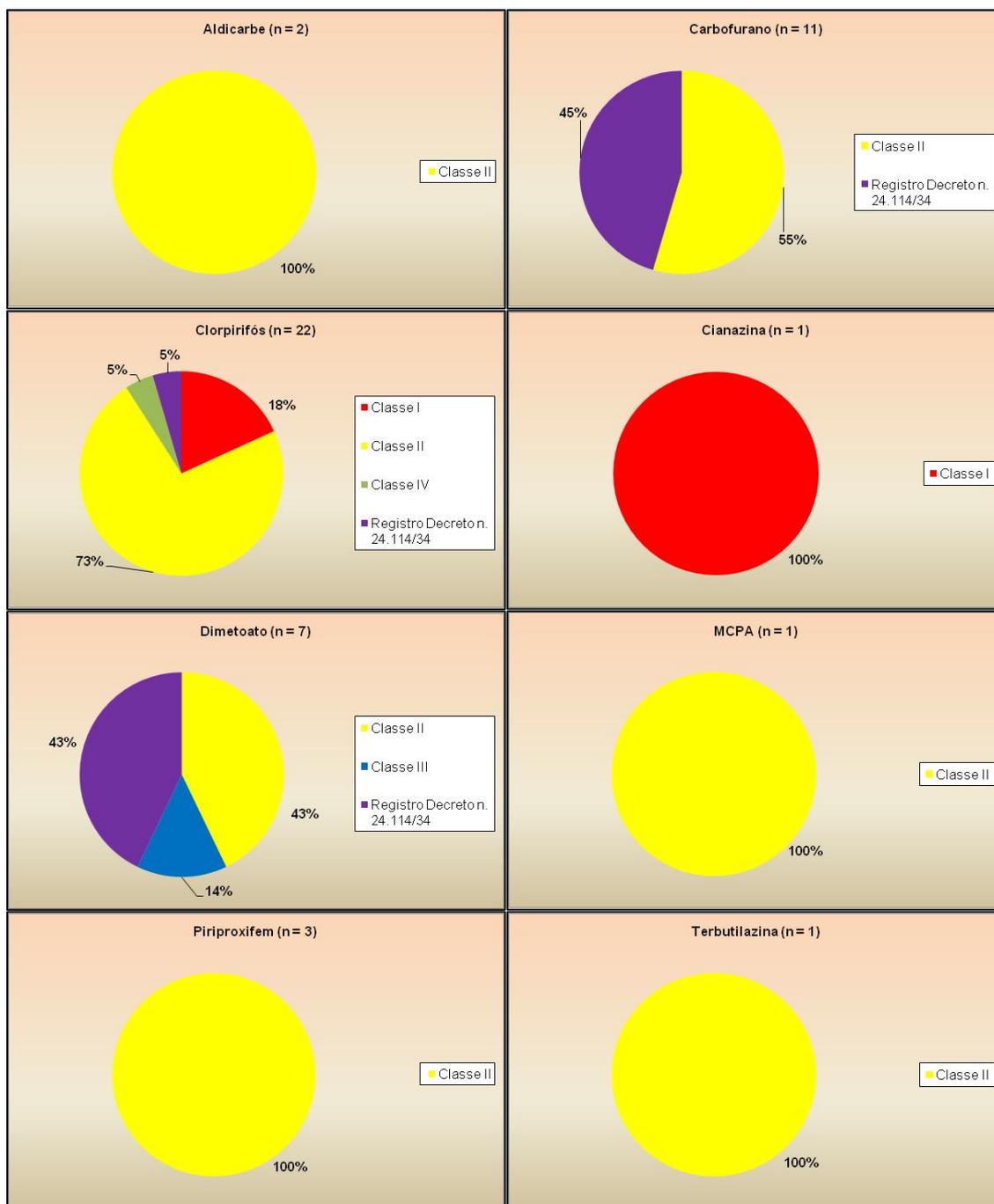
**Figura 20. Percentual de produtos formulados segundo a classificação de periculosidade ambiental – algumas substâncias do Grupo 1 (continua...)**  
 FONTE: ANVISA (2009c)



**Figura 20. Percentual de produtos formulados segundo a classificação de periculosidade ambiental – algumas substâncias do Grupo 1 (continuação)**

FONTE: ANVISA (2009c)

A Figura 21 ilustra os percentuais referentes à classificação ambiental dos produtos formulados a partir de oito diferentes princípios ativos do Grupo 2. Para os princípios ativos indicados, 67% dos agrotóxicos relacionados são classificados como classe II (muito perigosos). Desses princípios ativos, aldicarbe, MCPA, piriproxifem e terbutilazina apresentam a totalidade de seus produtos formulados categorizados como classe II. Carbofurano e dimetoato apresentam percentuais expressivos de produtos cujo registro é anterior a 1990 e, portanto, não apresentam classificação ambiental (45% e 43%, respectivamente). A cianazina possui um único produto formulado, cuja classificação ambiental é classe I (altamente perigoso). O clorpirifós foi o único princípio ativo que possui ao menos um agrotóxico na classe IV (pouco perigoso). Destacam-se, ainda para o clorpirifós, os percentuais de produtos categorizados nas classes I e II (18% e 73%, respectivamente).

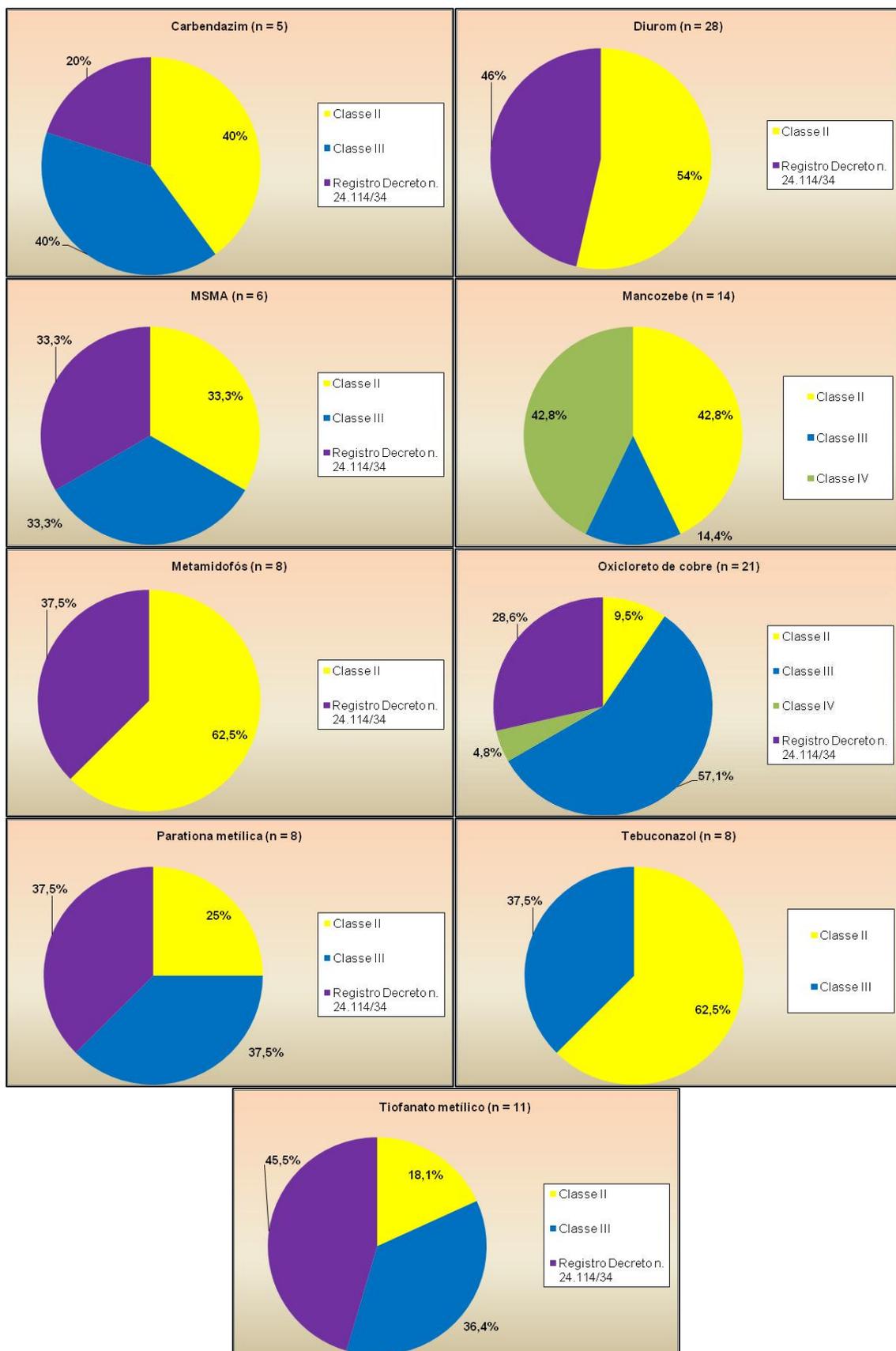


**Figura 21. Percentual de produtos formulados segundo a classificação de periculosidade ambiental – algumas substâncias do Grupo 2**

FONTE: ANVISA (2009c)

A Figura 22 indica a categorização de periculosidade ambiental para produtos formulados a partir das substâncias do Grupo 3. Observa-se que a grande maioria dos produtos formulados são classe II em periculosidade ambiental, isto é, muito perigosos, com destaque para os agrotóxicos formulados a partir do metamidofós e tebuconazol (62,5%) e diurom (54%). A maioria dos produtos formulados a partir do

oxicloreto de cobre (57,1%) corresponde, por sua vez, à classe III (perigoso). Com exceção do tebuconazol e do mancozebe, todos os outros ingredientes ativos apresentam agrotóxicos com registro de uso anterior a 1990. Dentre os princípios ativos nesta situação, destacam-se o diurom (46%), tiofanato metílico (45,5%), metamidofós e parationa metílica (ambos com 37,5%).



**Figura 22. Percentual de produtos formulados segundo a classificação de periculosidade ambiental – Grupo 3**  
 FONTE: ANVISA (2009c)

## **Tratabilidade**

O tratamento da água destinada ao consumo humano apresenta caráter sanitário (remoção de organismos patogênicos e substâncias químicas que oferecem risco à saúde) e estético/organoléptico (remoção de turbidez, cor, gosto e odor), pois tem o intuito de torná-la segura e atrativa para o consumo (BRASIL, 2006).

As técnicas de tratamento de água são compostas por processos e operações unitárias, que por sua vez variam em função de aspectos como qualidade da água bruta, custos envolvidos e vazão a ser tratada. O tratamento convencional (ou ciclo completo) é composto essencialmente de: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção e, normalmente, não é capaz de remover de maneira satisfatória as substâncias químicas presentes na água, incluindo os agrotóxicos (PRINCE, 2006).

As técnicas de tratamento mais comuns no Brasil são as do tipo convencional e filtração direta (PÁDUA, 2006). Dados de um estudo recente (BRASIL, 2009b) indicaram que 50,7% dos quase 1300 municípios avaliados possuem tratamento convencional e o restante dos municípios apresenta algum tratamento mais simplificado ou distribuem água sem qualquer tratamento.

A Tabela 26 descreve alguns processos que podem ser utilizados no tratamento de águas contaminadas por substâncias químicas.

**Tabela 26. Processos avançados para tratamento de água**

<b>Processo</b>	<b>Descrição/finalidade</b>
Adsorção em carvão ativado	Remoção de compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, incluindo os que causam sabor e odor, fazendo a água entrar em contato com uma substância adsorvente, em geral carvão ativado (que pode ser em pó ou granulado).
Coagulação	Adição de coagulante, com o intuito de desestabilizar impurezas presentes na água e facilitar o aumento do tamanho das mesmas, na etapa de floculação. Os coagulantes comumente utilizados são o sulfato de alumínio, o cloreto férrico e o hidróxi-cloreto de alumínio.
Filtração em membranas	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, incluindo material dissolvido, passando a água por membranas com abertura de filtração inferior a 1µm.
Oxidação	Oxidação química ou por meio de aeração e destina-se a reduzir a concentração de contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes na água, para facilitar sua remoção posterior.
Aeração ( <i>Air stripping</i> )	A oxidação por aeração introduz ar na água, por meio de aeradores, para remoção de compostos voláteis e oxidáveis, bem como gases indesejáveis.
Ozonização e cloração	Nos casos em que a oxidação por aeração não é eficiente, pode-se utilizar oxidantes químicos, como o ozônio, cloro, dióxido de cloro, permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio.

FONTE: Elaborado a partir de NEGRÃO (2002); PADUA (2006)

A Tabela 27 apresenta a eficiência dos processos descritos, na remoção de algumas das substâncias dos grupos 1 e 2. Por não serem sinalizadas pela OMS, as substâncias do Grupo 3 não são referenciadas quanto à tratabilidade, por esta fonte.

**Tabela 27. Tratabilidade para as diferentes substâncias**

Princípio ativo	Cloração	Air stripping	Coagulação	Carvão ativado	Ozonização	Oxidação avançada	Membranas
<b>Grupo 1</b>							
Alacloro	-	-	-	+++ 1,0	++	+++ 1,0	+++ 1,0
Aldrin e Dieldrin	-	-	++	+++ 0,02	+++ 0,02	-	+++ 0,02
Atrazina	-	-	+	+++ 0,1	++	+++ 0,1	+++ 0,1
Clordano	-	-	-	+++ 0,1	+++ 0,1	-	-
2,4 D	-	-	+	+++ 1,0	+++ 1,0	-	-
Endrin	-	-	+	+++ 0,2	-	-	-
Lindano ( $\gamma$ -BHC)	-	-	-	+++ 0,1	++	-	-
Metolacloro	-	-	-	+++ 0,1	++	-	-
Metoxicloro	-	-	++	+++ 0,1	+++ 0,1	-	-
Simazina	+	-	-	+++ 0,1	++	+++ 0,1	+++ 0,1
Trifluralina	-	-	-	+++ 0,1	-	-	+++ 0,1
<b>Grupo 2</b>							
Aldicarbe	+++ 1,0	-	-	+++ 1,0	+++ 1,0	-	+++ 1,0
Carbofurano	+	-	-	+++ 1,0	-	-	+++ 1,0
Clorotoluron	-	-	-	+++ 1,0	+++ 1,0	-	-
Cyanazina	-	-	-	+++ 1,0	+	-	+++ 1,0
1,2-Dibromo-3 Cloropropano	-	++ 1,0	-	+++ 0,1	-	-	-
1,2-Dibromoetano	-	+++ 0,1	-	+++ 0,1	-	-	-
1,2-Dicloropropano	-	-	-	+++ 1,0	+	-	+++ 1,0
Dimetoato	+++ 1,0	-	-	++	++	-	-
Isoproturon	++	-	-	+++ 0,1	+++ 0,1	+++ 0,1	+++ 0,1
MCPA	-	-	-	+++ 0,1	+++ 0,1	-	-
Mecoprop	-	-	-	+++ 0,1	+++ 0,1	-	-
2,4,5-T	-	-	++	+++ ,	+	-	-
Terbutilazina	-	-	+	+++ < 0,1	++	-	-

FONTE: WHO (2008)

NOTAS:

i) Os dados referem-se às substâncias para as quais há informações disponíveis sobre o tratamento. Assim, dados não mencionados indicam que o processo não é eficiente ou que não existem informações sobre a viabilidade de utilização do processo de tratamento, para dada substância.

ii) Os valores na tabela expressam as concentrações das substâncias (em  $\mu\text{g/L}$ ) que podem ser alcançadas com o respectivo tratamento

- iii)
- (-) Sem informação
  - +
  - ++
  - +++
- Remoção limitada  
Remoção de 50% ou mais  
Remoção de 80% ou mais

A análise da Tabela 26 indica que a adsorção em carvão ativado e a filtração em membranas, seguidas da ozonização, constituem as principais técnicas para remoção das substâncias relacionadas, com percentuais iguais ou superiores a 80%.

Para o(s) processo(s) mais eficiente(s), a Tabela 27 referencia a concentração da substância (em  $\mu\text{g/L}$ ) que pode ser obtida mediante tratamentos específicos. Uma comparação entre tais concentrações (para as substâncias do Grupo 1) com os VMP assinalados na Portaria MS nº 518/2004 indica que o padrão brasileiro chega a ser entre 1,5 a 200 vezes superior à concentração possível de ser alcançada, respectivamente, para o aldrin/dieldrin e metoxicloro e trifluralina, nos tratamentos mais eficientes. Verifica-se, também, que a cloração e a coagulação, (únicos que fazem parte do tratamento convencional), não são eficientes na remoção das substâncias indicadas, com exceção do aldicarbe, dimetoato e 1,2-dibromoetano.

Estudo realizado por Rissato *et al.* (2004) apontou alguma redução (mas não referenciada) nos níveis de agrotóxicos organoclorados em águas tratadas, o que foi atribuído ao processo de adsorção dessas substâncias aos sólidos suspensos presentes na água bruta e que foram removidos durante o tratamento. De maneira análoga, Marques, Cotrim e Pires (2007) atribuíram ao controle da turbidez, no processo de tratamento de água, o controle da presença de agrotóxicos com elevado potencial de transporte associado ao sedimento.

Estudo desenvolvido na Bélgica (THUY *et al.* 2008) avaliou a remoção de aldrin, dieldrin, atrazina e bentazona em água, via coagulação e floculação, mediante diferentes dosagens de sulfato de alumínio, como coagulante. Os resultados desse trabalho indicaram alguma remoção das substâncias, no entanto, sempre em frações inferiores a 50%, demonstrando que o aumento nas concentrações do coagulante surtia efeito baixo ou, mesmo, insignificante na eficiência da remoção.

Resultado semelhante quanto à eficiência da coagulação foi obtido por Ormad *et al.* (2008). Esses autores estudaram a remoção de 44 agrotóxicos comumente encontrados na bacia do rio Ebro, na Espanha, segundo a aplicação das seguintes técnicas, isoladamente e combinadas: pré-oxidação com cloro e ozônio, coagulação com sulfato de alumínio e adsorção em carvão ativado. Dentre os principais achados desse estudo destacam-se: (i) a pré-oxidação com cloro degradou completamente algumas substâncias, embora não tenha sido eficiente para outras; (ii) quando combinada com a coagulação, a pré-oxidação com cloro removeu eficientemente (acima de 70%) a maioria dos agrotóxicos; (iii) por outro lado, a pré-oxidação com ozônio mostrou-se

eficiente para a maioria dos agrotóxicos estudados e, quando combinada com a coagulação não trouxe aumento na eficiência de remoção; (iv) a adsorção em carvão ativado (sozinha) indicou eficiência para a maioria das substâncias e, se combinada com a pré-oxidação com ozônio, todos os agrotóxicos foram eficientemente degradados.

Conforme já referenciado, os processos de tratamento descritos na Tabela 26 e cuja eficiência é indicada na Tabela 27, constituem alternativas pouco comuns no Brasil, a exemplo da adsorção em carvão ativado e da filtração por membranas. Essa constatação evidencia a possibilidade de que as substâncias químicas e, em especial os agrotóxicos, quando presentes na água bruta, passem pelas etapas do tratamento convencional sem serem removidas, colocando em risco as populações que consomem esta água. Outra preocupação refere-se à potencialidade de exposição das populações rurais à ingestão de água contaminada, visto que em muitas localidades o abastecimento ocorre mediante soluções alternativas (fontes e poços, por exemplo), cujo tratamento, quando existe, é apenas simplificado.

### **Potencial de contaminação de águas subterrâneas**

A Tabela 28 indica o potencial preditivo de contaminação de águas subterrâneas, a partir de informações disponibilizadas na página eletrônica do PAN, segundo os três grupos de substâncias consideradas. A partir dessas informações, a Figura 23 apresenta a distribuição percentual para os três grupos avaliados, quanto à estimativa de contaminação das águas subterrâneas.

**Tabela 28. Potencialidade dos agrotóxicos em contaminar águas subterrâneas (continua...)**

Substância	Potencial preditivo	Substância	Potencial preditivo
<b>Grupo 1</b>			
Alacloro	Conhecido	Hexaclorobenzeno	E. C. I
Aldrin / Dieldrin	E. C. I	Lindano (-γBHC)	E. C. I
Atrazina	Conhecido	Metolacoloro	Conhecido
Bentazona	E. C. I	Metoxicloro	E. C. I
Clordano (isômeros)	E. C. I	Molinato	Potencial
2,4D	Potencial	Pendimetalina	E. C. I
DDT (isômeros)	E. C. I	Pentaclorofenol	E. C. I
Endossulfam	E. C. I	Permetrina	E. C. I
Endrin	E. C. I	Propanil	Potencial
Glifosato	E. C. I	Simazina	Conhecido
Heptacloro	E. C. I	Trifluralina	E. C. I
Heptacloro epóxido	E. C. I		
<b>Grupo 2</b>			
Aldicarbe	Conhecido	Diclorprop	E. C. I
Carbofurano	Potencial	Dimetoato	Potencial
Clorotoluron	E. C. I	Fenoprop	E. C. I
Clorpyrifós	E. C. I	Isoproturon	E. C. I
Cyanazina	Conhecido	MCPA	E. C. I

FONTE: PAN (2009a)

NOTA: E.C.I – Evidências científicas insuficientes

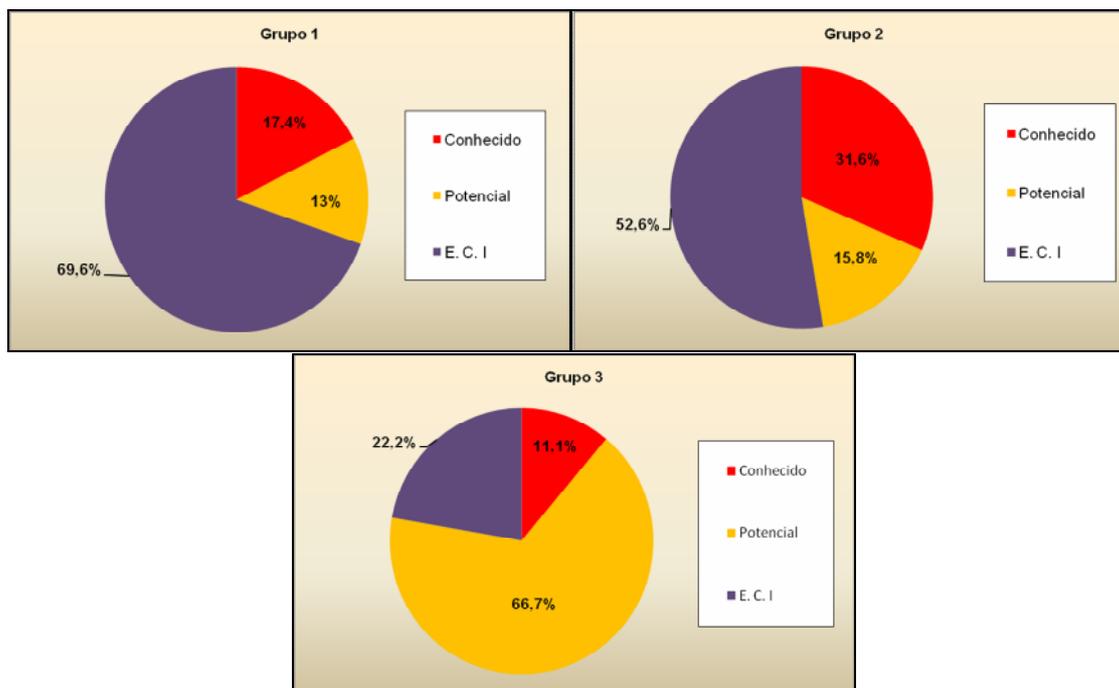
**Tabela 28. Potencialidade dos agrotóxicos em contaminar águas subterrâneas (continuação)**

Substância	Potencial preditivo	Substância	Potencial preditivo
<b>Grupo 2</b>			
2,4DB	E. C. I	Mecoprop	Potencial
1,2-Dibromo-3 Cloropropano	Conhecido	Piriproxifem	E. C. I
1,2-Dibromoetano	Conhecido	2,4,5-T	E. C. I
1,2-Dicloropropano	Conhecido	Terbutilazina	E. C. I
1,3-Dicloropropeno	Conhecido		
<b>Grupo 3</b>			
Carbendazim	Potencial	Oxicloreto de cobre	Potencial
Diurom	Conhecido	Parationa metílica	Potencial
MSMA	E.C.I	Tebuconazol	E.C.I
Mancozebe	Potencial	Tiofanato metílico	Potencial
Metamidofós	Potencial		

FONTE: PAN (2009a)

NOTA: E.C.I – Evidências científicas insuficientes

Verifica-se, na Figura 23, que o Grupo 2 detém o maior percentual das substâncias reconhecidamente capazes de contaminar as águas subterrâneas (31,6%). O Grupo 3 apresenta o maior percentual de substâncias com alguma possibilidade para contaminar as águas subterrâneas (66,7%), ao passo que as evidências científicas não são suficientes para a maioria das substâncias do Grupo 1 (69,6%).



**Figura 23. Distribuição percentual das substâncias avaliadas, segundo os três grupos considerados, para potencial preditivo de contaminação de águas subterrâneas**

FONTE: Elaborado a partir de PAN (2009a)

## **Potencial de contaminação de águas, segundo resultados de estudos nacionais, para algumas substâncias dos três grupos avaliados**

Como já referenciado, alguns trabalhos nacionais utilizaram os critérios de *Screening* da USEPA, o índice de GUS e o método de GOSS, para caracterizar agrotóxicos quanto à potencialidade de atingirem e contaminarem águas superficiais (GOSS) e subterrâneas (USEPA e GUS). A Tabela 29 apresenta um consolidado desses resultados, para substâncias dos três grupos, segundo distintos autores.

Os resultados dessa tabela apontam algumas variações expressivas quanto à classificação dos agrotóxicos, para um mesmo modelo, segundo os autores referenciados. Tais diferenças poderiam ser justificadas, principalmente, pelos valores utilizados para uma mesma propriedade física dos agrotóxicos, que conforme já mencionado, podem variar consideravelmente.

Dentre as substâncias do Grupo 1, apenas o pentaclorofenol não foi caracterizado. No Grupo 2, as informações foram obtidas apenas para o aldicarbe, carbofurano, clorpirifós, cianazina e dimetoato. Para o Grupo 3, apenas o MSMA não foi considerado e o carbendazim e oxicloreto de cobre não foram classificados pelo método de GOSS por nenhum dos autores referenciados.

O método de GOSS assinala a potencialidade de um agrotóxico ser transportado na água superficial, dissolvido ou associado ao sedimento em suspensão. Observa-se que algumas substâncias apresentaram alto potencial de transporte segundo as duas formas, com destaque para o glifosato e lindano (Grupo 1), bem como mancozebe e tebuconazol (Grupo 3).

O glifosato foi a única substância caracterizada por todos os autores enumerados. Em relação ao critério da USEPA, essa substância foi considerada com potencial para lixiviação e contaminação de águas subterrâneas, embora isso não tenha sido detectado pelo método de GUS, pois dentre as cinco caracterizações mostradas, quatro indicaram a substância como não contaminante. Estudo conduzido por Brito *et al.* (2001) reforça essa improbabilidade do glifosato em contaminar águas subterrâneas, justificada por sua forte interação com as partículas do solo. Por outro lado, Dores e DeLamonica-Freire (2001) consideram que embora adsorva fortemente ao solo, o glifosato poderá contaminar águas subterrâneas, se as características do solo não favorecerem a adsorção. Diante do exposto, presume-se que a lixiviação do glifosato possa ocorrer, em virtude de condições específicas. Já para as águas superficiais, o método de GOSS indicou alto potencial de transporte dessa substância na água, tanto associada ao sedimento em suspensão, quanto dissolvida.

**Tabela 29. Potencialidade de contaminação de águas, segundo critério da USEPA, índice de GUS e método de GOSS (continua...)**

Substância	Ferracini <i>et al.</i> (2001)			Dores ; De-Lamonica-Freire (2001)			Spadotto (2002)	Menezes (2006)	Pessoa <i>et al.</i> (2007)		Cabrera <i>et al.</i> (2008)		
	EPA	GUS	GOSS	EPA	GUS	GOSS	GUS	GOSS	GUS	GOSS	EPA	GUS	GOSS
<b>Grupo 1</b>													
Alacloro								BPTAS MPTDA	PL	MPTAS APTDA			
Aldrin								MPTAS					
Dieldrin								BPTAS					
Atrazina				PL	PL	MPTAS APTDA	PL	MPTAS APTDA	PL	MPTAS APTDA	PL	PL	MPTAS APTDA
Bentazona							PL	BPTAS	PL	BPTAS MPTDA			
Clordano								BPTDA					
2,4D							T	BPTAS MPTDA	T	BPTAS MPTDA	PL	T	BPTAS MPTDA
DDT (isômeros)								MPTAS					
Endossulfam				NL		APTAS MPTDA		APTAS BPTDA	NL	APTAS MPTDA			
Endrin								BPTDA					
Glifosato	PL	NL	APTAS APTDA	PL	PL	APTAS APTDA	NL	APTAS MPTDA	NL	APTAS APTDA	PL	NL	MPTAS APTDA
Heptacloro								MPTAS					
Hexaclorobenzeno								BPTAS					
Lindano (-γBHC)								APTAS APTDA					
Metolacloro				PL	PL	MPTAS APTDA	PL	MPTAS MPTDA	PL	MPTAS APTDA			
Metoxicloro								BPTAS					
Molinato								BPTAS MPTDA	T	BPTAS MPTDA	PL	PL	APTDA
Pendimetalina								APTAS	NL	APTAS MPTDA	NL		MPTAS MPTDA
Permetrina				NL		MPTAS BPTDA		MPTAS BPTDA	NL	MPTAS BPTDA	NL	NL	MPTAS MPTDA
Propanil								BPTAS	NL	BPTAS MPTDA	PL	NL	BPTAS MPTDA

NOTAS: **PL**: provável lixiviação (GUS) ou potencial para lixiviação (USEPA); **NL**: não sofre lixiviação; **T**: faixa de transição; **I**: inconclusivo; **APTDA**: alto potencial de transporte dissolvido em água; **APTAS**: alto potencial de transporte associado ao sedimento; **BPTDA**: baixo potencial de transporte dissolvido em água; **BPTAS**: baixo potencial de transporte associado ao sedimento; **MPTDA**: potencial médio de transporte dissolvido em água; **MPTAS**: potencial médio de transporte associado ao sedimento.

**Tabela 29. Potencialidade de contaminação de águas, segundo critério da USEPA, índice de GUS e método de GOSS (continuação)**

Substância	Ferracini <i>et al.</i> (2001)			Dores ; De-Lamonica-Freire (2001)			Spadotto (2002)	Menezes (2006)	Pessoa <i>et al.</i> (2007)		Cabrera <i>et al.</i> (2008)		
	EPA	GUS	GOSS	EPA	GUS	GOSS	GUS	GOSS	GUS	GOSS	EPA	GUS	GOSS
<b>Grupo 1</b>													
Simazina				PL	PL	MPTAS APTDA	PL	MPTAS APTDA	PL	APTDA			
Trifluralina				NL		APTAS MPTDA	NL	APTAS MPTDA	NL	APTAS MPTDA	NL	T	APTAS MPTDA
<b>Grupo 2</b>													
Aldicarbe								APTDA	PL	BPTAS MPTDA			
Carbofurano								APTDA	PL	MPTAS APTDA	PL	PL	MPTAS APTDA
Clorpirifós	NL	NL	BPTDA					APTAS MPTDA	NL	MPTAS BPTDA			
Cianazina								BPTAS MPTDA	T	BPTAS MPTDA			
Dimetoato	PL	T	BPTAS APTDA						PL	BPTAS MPTDA			
<b>Grupo 3</b>													
Carbendazim	I	PL								PC			
Diuron	PL	T	APTDA							T			
Mancozebe	NL	NL	APTAS	NL		APTDA APTAS				NL			
Metamidofós	PL	T	BPTAS							T			
Oxicloreto de cobre				NL									
Parationa metflica	PL	NL						MPTAS MPTDA	NL		PL	T	BPTAS MPTDA
Tebuconazol	PL	NL	APTAS APTDA						NL		PL		
Tiofanato metílico	PL	NL	APTAS	NL		BPTDA			NL				

NOTAS: **PL**: provável lixiviação (GUS) ou potencial para lixiviação (USEPA); **NL**: não sofre lixiviação; **T**: faixa de transição; **I**: inconclusivo; **APTDA**: alto potencial de transporte dissolvido em água; **APTAS**: alto potencial de transporte associado ao sedimento; **BPTDA**: baixo potencial de transporte dissolvido em água; **BPTAS**: baixo potencial de transporte associado ao sedimento; **MPTDA**: potencial médio de transporte dissolvido em água; **MPTAS**: potencial médio de transporte associado ao sedimento.

O endossulfam apresenta alto potencial de transporte associado ao sedimento, segundo os três autores que o avaliaram sob o método de GOSS, e potencial entre baixo e médio para transporte dissolvido em água.

O metolaclo-ro foi classificado com potencial de lixiviação para águas subterrâneas, potencial mediano para o transporte associado ao sedimento e potencial entre médio e alto para o transporte dissolvido em água.

Para o molinato, os resultados de dois estudos sinalizam para a possibilidade de que seja lixiviado para águas subterrâneas, baixo potencial para transporte em águas associado ao sedimento e potencial entre médio e elevado para o transporte dissolvido em água.

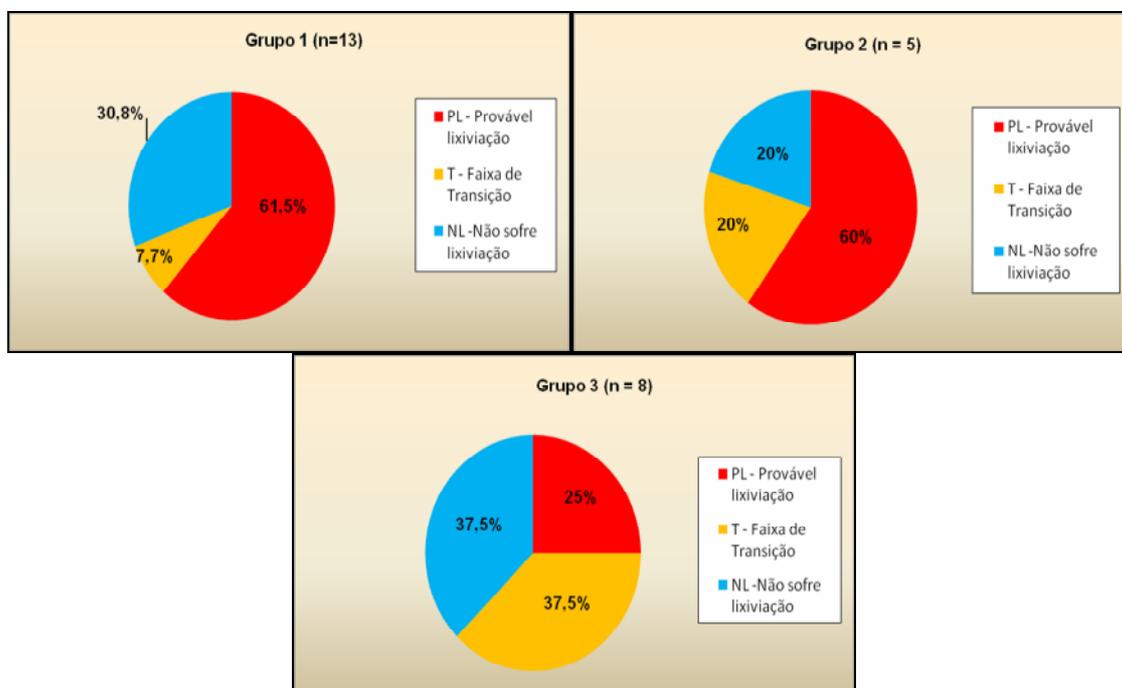
Ao contrário da simazina, as substâncias do Grupo 1 (pendimetalina, permetrina, propanil e trifluralina) não são lixiviadas para águas subterrâneas, segundo os resultados apresentados na Tabela 29. Ao se comparar a possibilidade de transporte associado ao sedimento, apenas o propanil não seria citado, dentre os referenciados, sendo as demais substâncias classificadas com potencial médio a alto. Por outro lado, essas cinco substâncias apresentam alguma possibilidade de serem transportadas dissolvidas na água.

Em relação ao Grupo 2, cabe destacar a indicação do clorpirifós como não contaminante de águas subterrâneas via lixiviação; a cianazina apresenta-se na faixa de transição e o aldicarbe, carbofurano e dimetoato com potencial para lixiviação. No que se refere às águas superficiais, aldicarbe, cianazina e dimetoato não tenderiam a se movimentar associados ao sedimento e, juntamente com as demais substâncias, apresentam alguma possibilidade de serem transportadas na água na forma dissolvida.

Quanto ao Grupo 3, a categorização mostrada na Tabela 29 assinala como substâncias passíveis de serem lixiviadas para as águas subterrâneas: carbendazim (embora para um dos autores o método da USEPA tenha sido inconclusivo), diurom, metamidofós e parationa metílica, ao contrário do mancozebe, oxiclreto de cobre e tiofanato metílico, que não apresentariam essa característica. Para águas superficiais, o carbendazim e oxiclreto de cobre não foram classificados; o diurom, mancozebe e tebuconazol possuem elevado potencial de se movimentarem na água, sob a forma dissolvida, ao passo que essas duas últimas substâncias apresentariam, também, potencialidade para o transporte associado ao sedimento. Para o tiofanato metílico, prevaleceria a tendência elevada de transporte junto ao sedimento.

A Figura 24 apresenta um consolidado das informações indicadas na Tabela 29, em termos da classificação predominante de lixiviação para água subterrânea, dentre

os estudos referenciados, para os modelos da USEPA e GUS. Para efeito de mensuração, foi considerada sempre a categoria mais recorrente, dentre os estudos. Nos casos em que havia o mesmo número de estudos com categorizações diferentes, foi utilizada a classificação mais conservadora (maior potencial de contaminação).



**Figura 24. Consolidação das informações sobre potencial de lixiviação para águas subterrâneas, segundo os três grupos avaliados**

Os dados da Figura 24 apontam os grupos 1 e 2 com predominância de substâncias que podem ser lixiviadas para águas subterrâneas, dentre todas avaliadas nesses grupos. Já para o Grupo 3, os percentuais para as substâncias caracterizadas como não lixiviáveis e na faixa de transição foram iguais: 37,5%, sendo atribuída aos 25% restantes, a característica de potencial para lixiviação.

A Tabela 30 apresenta uma sistematização das informações indicadas na Tabela 29 sobre o potencial de transporte de agrotóxicos em águas superficiais, de forma associada ao sedimento ou dissolvida em água. A especificação da categoria às substâncias relacionadas foi feita de modo idêntico ao assinalado para a Figura 24, isto é, foi considerada a categoria mais recorrente para cada substância e priorizada a classificação mais conservadora em termos do potencial de transporte em águas superficiais. As substâncias destacadas em negrito correspondem àquelas indicadas com potencial elevado de transporte em águas superficiais, associadas ao sedimento e/ou dissolvidas em água.

**Tabela 30. Consolidação das informações sobre potencial de transporte de agrotóxicos em águas superficiais**

Substância	Potencial de transporte associado ao sedimento			Potencial de transporte dissolvido em água		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
<b>Grupo 1</b>						
<b>Alacloro</b>		x		x		
Aldrin		x				
Dieldrin			x			
<b>Atrazina</b>		x		x		
Bentazona			x		x	
Clordano 2,4D			x			x
DDT (isômeros)		x			x	
<b>Endossulfam</b>	x				x	
Endrin						x
<b>Glifosato</b>	x			x		
Heptacloro		x				
Hexaclorobenzeno			x			
<b>Lindano (-γBHC)</b>	x			x		
<b>Metolacloro</b>		x		x		
Metoxicloro			x			
Molinato			x		x	
<b>Pendimetalina</b>	x				x	
Permetrina		x				x
Propanil			x		x	
<b>Simazina</b>		x		x		
<b>Trifluralina</b>	x				x	
<b>Grupo 2</b>						
<b>Aldicarbe</b>			x	x		
<b>Carbofurano</b>		x		x		
<b>Clorpirifós</b>	x					x
Cianazina			x		x	
<b>Dimetoato</b>			x	x		
<b>Grupo 3</b>						
Carbendazim						
<b>Diuron</b>				x		
<b>Mancozebe</b>	x			x		
Metamidofós			x			
Oxicloreto de cobre						
Parationa metílica		x			x	
<b>Tebuconazol</b>	x			x		
<b>Tiofanato metílico</b>	x					x

Para o Grupo 1, a predominância é de substâncias classificadas como de potencial mediano para transporte associado ao sedimento, seguidas daquelas com baixo potencial para esta característica e médio potencial de transporte dissolvido em água. As substâncias do Grupo 2 tiveram, quantitativamente, o mesmo número de ocorrências para baixo potencial de transporte associado ao sedimento e alto potencial de transporte dissolvido em água. Para o Grupo 3, por outro lado, as ocorrências mais destacadas foram para alto potencial de transporte associado ao sedimento e alto potencial de transporte dissolvido na água (ambos com n=3).

Os resultados indicados apontam para alguns agrotóxicos prioritários, em termos de um monitoramento mais acurado em águas superficiais e subterrâneas. Adicionalmente, deve-se atentar que algumas substâncias podem produzir metabólitos, por vezes mais tóxicos e persistentes que os princípios ativos.

## **Potencial de ocasionar danos à saúde humana, segundo aspectos toxicológicos**

Conforme já referenciado, os critérios toxicológicos utilizados para avaliar os diferentes agrotóxicos foram: Toxicidade aguda, Carcinogenicidade, Toxicidade reprodutiva e comportamental, Disrupção endócrina e Inibição da colinesterase.

A Tabela 31 apresenta as substâncias cuja categorização para toxicidade aguda foi utilizada a partir dos dados disponibilizados pelo PAN, em virtude de não serem relacionadas ou classificadas pela OMS ou, ainda que o fossem, a indicação de toxicidade aguda era inferior, se comparada ao que constava na página do PAN. Diante disso, optou-se por utilizar a classificação mais conservadora, do ponto de vista da segurança.

**Tabela 31. Relação de agrotóxicos (ingredientes ativos), cuja sinalização de toxicidade aguda foi obtida do PAN e respectiva classificação indicada pela OMS**

Ingrediente ativo	Toxicidade aguda – PAN <sup>(1)</sup>	Toxicidade aguda – OMS <sup>(2)</sup>
<b>Grupo 1</b>		
Atrazina	Fraca	Sem toxicidade
Endossulfam	Elevada	Moderada
Glifosato	Fraca	Sem toxicidade
Metoxicloro	Fraca	Sem toxicidade
Simazina	Fraca	Sem toxicidade
Trifluralina	Fraca	Sem toxicidade
<b>Grupo 2</b>		
Dimetoato	Elevada	Moderada
Piriproxifem	Fraca	Sem toxicidade
Terbutilazina	Fraca	Sem toxicidade
Heptacloro epóxido	Moderada	Não referenciada
Lindano	Elevada	Moderada
2,4,5-T	Moderada	Não referenciada
MCPA	Elevada	Fraca
Fenoprop	Fraca	Não referenciada
1,2-Dibromoetano	Elevada	Não classificada (fumigante)
DBCP	Moderada	Não referenciada
1,2-Dicloropropano	Fraca	Não referenciada
1,3- Dicloropropeno	Elevada	Não classificada (fumigante)
<b>Grupo 3</b>		
Carbendazim	Fraca	Improvável
Diurrom	Fraca	Sem toxicidade
MSMA	Fraca	Não referenciada
Tebuconazol	Moderada	Levemente perigoso
Tiofanato metílico	Fraca	Improvável

FONTE: (1) PAN (2009a); (2) WHO (2005)

Por outro lado, a Tabela 32 indica que a grande maioria das substâncias avaliadas (96%) apresentou divergências entre as informações sobre carcinogenicidade sinalizadas pelo IARC e aquelas disponibilizadas na página do PAN. Isso, conforme já referenciado, porque as informações do PAN levam em conta resultados de estudos desenvolvidos por outras agências de pesquisas. Assim como foi considerado para a toxicidade aguda, os dados do PAN que apresentaram indicação de maior potencial

carcinogênico foram utilizados neste trabalho, a despeito das sinalizações indicadas pela IARC.

**Tabela 32. Relação de agrotóxicos (ingredientes ativos), cuja sinalização de carcinogenicidade foi obtida do PAN e respectiva classificação da IARC**

Ingrediente ativo	Carcinogenicidade – PAN <sup>(1)</sup>	Carcinogenicidade – IARC <sup>(2)</sup>
<b>Grupo 1</b>		
Alacloro	Elevada	Não relacionado
Aldrin / Dieldrin	Elevada	Inclassificável
Atrazina	Elevada	Inclassificável
Bentazona	Improvável	Não relacionado
Clordano (isômeros)	Elevada	Possível
DDT (isômeros)	Elevada	Possível
Endossulfam	Improvável	Não relacionado
Glifosato	Improvável	Não relacionado
Heptacloro	Elevada	Possível
Heptacloro epóxido	Elevada	Não relacionado
Hexaclorobenzeno	Elevada	Possível
Lindano (-γBHC)	Elevada	Possível
Metolacloro	Possível	Não relacionado
Molinato	Possível	Não relacionado
Pendimetalina	Possível	Não relacionado
Pentaclorofenol	Elevada	Possível
Permetrina	Possível	Inclassificável
Propanil	Possível	Não relacionado
Trifluralina	Possível	Inclassificável
<b>Grupo 2</b>		
Carbofurano	Improvável	Não relacionado
Clorpirifós	Improvável	Não relacionado
Cianazina	Possível	Não relacionado
1,2-Dibromo-3 Cloropropano	Elevada	Possível
1,2-Dibromoetano	Elevada	Provável
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	Elevada	Inclassificável
1,3-Dicloropropeno	Elevada	Possível
Dimetoato	Possível	Não relacionado
Isoproturon	E.C.I	Não relacionado
Piriproxifem	Improvável	Não relacionado
2,4,5-T	Elevada	Possível
Terbutilazina	Inclassificável	Não relacionado
<b>Grupo 3</b>		
Carbendazim	Possível	Não relacionado
Diurom	Elevada	Não relacionado
Mancozebe	Elevada	Não relacionado
Metamidofós	Improvável	Não relacionado
Oxicloreto de cobre	E.C.I	Não relacionado
Tebuconazol	Possível	Não relacionado
Tiofanato metílico	Elevada	Não relacionado

FONTES: (1) PAN (2009a); (2) IARC (2009a)

E.C.I – Evidências científicas insuficientes

A Tabela 33 indica a classificação para carcinogenicidade das 51 substâncias avaliadas neste trabalho. Desse total, 69% (n = 35) apresentaram evidências de carcinogenicidade, contra 31% (n = 16), cuja categorização foi de não carcinogênicas ou inclassificáveis. O Grupo 1 apresentou 74% das substâncias (n = 17) classificadas como carcinogênicas. Para os grupos 2 e 3, os percentuais das substâncias não carcinogênicas foram 37% (n = 7) e 33% (n = 3), respectivamente.

**Tabela 33. Classificação das substâncias segundo a carcinogenicidade**

Substâncias	Carcinogenicidade <sup>(1)</sup>	Substâncias	Carcinogenicidade <sup>(1)</sup>
<b>Grupo 1</b>			
Alacloro	Carcinogênico	Hexaclorobenzeno	Carcinogênico
Aldrin / Dieldrin	Carcinogênico	Lindano	Carcinogênico
Atrazina	Carcinogênico	Metolacloro	Possível
Bentazona	Não carcinogênico	Metoxicloro	Inclassificável
Clordano	Carcinogênico	Molinato	Possível
2,4D	Possível	Pendimetalina	Possível
DDT (isômeros)	Carcinogênico	Pentaclorofenol	Carcinogênico
Endossulfam	Não carcinogênico	Permetrina	Possível
Endrin	Inclassificável	Propanil	Possível
Glifosato	Não carcinogênico	Simazina	Inclassificável
Heptacloro	Carcinogênico	Trifluralina	Possível
Heptacloro epóxido	Carcinogênico		
<b>Grupo 2</b>			
Aldicarbe	Inclassificável	Diclorprop	Possível
Carbofurano	Não carcinogênico	Dimetoato	Possível
Clorotoluron	Inclassificável	Fenoprop	Possível
Clorpirifós	Não carcinogênico	Isoproturon	Inclassificável
Cianazina	Possível	MCPA	Possível
2,4DB	Possível	Mecoprop	Possível
1,2-Dibromo-3 Cloropropano	Carcinogênico	Piriproxifem	Não carcinogênico
1,2-Dibromoetano	Carcinogênico	2,4,5-T	Carcinogênico
1,2-Dicloropropano	Carcinogênico	Terbutilazina	Inclassificável
1,3-Dicloropropeno	Carcinogênico		
<b>Grupo 3</b>			
Carbendazim	Possível	Oxicloreto de cobre	Inclassificável
Diurom	Carcinogênico	Parationa metflica	Inclassificável
MSMA	Carcinogênico	Tebuconazol	Possível
Mancozebe	Carcinogênico	Tiofanato metflico	Carcinogênico
Metamidofós	Não carcinogênico		

FONTE: PAN (2009a)

NOTA: a nomenclatura utilizada pelo PAN foi adaptada para a mesma nomenclatura da IARC, conforme descrito no Capítulo 4 - Metodologia

Na Tabela 34 são apresentadas as categorizações (em termos de outros critérios toxicológicos) dos agrotóxicos não carcinogênicos ou inclassificáveis quanto à carcinogenicidade. A atribuição de pesos a cada categoria, segundo diferentes critérios possibilitou obter, para as substâncias sem evidências de carcinogenicidade, uma variável denominada de **Nível de Toxicidade**, cujos limites mínimo e máximo seriam, respectivamente, zero (sem toxicidade) e 21 (toxicidade extremamente elevada). Essa variável expressaria, portanto, o potencial individualizado dos agrotóxicos em ocasionar danos à saúde humana, em situações de exposição a tais substâncias.

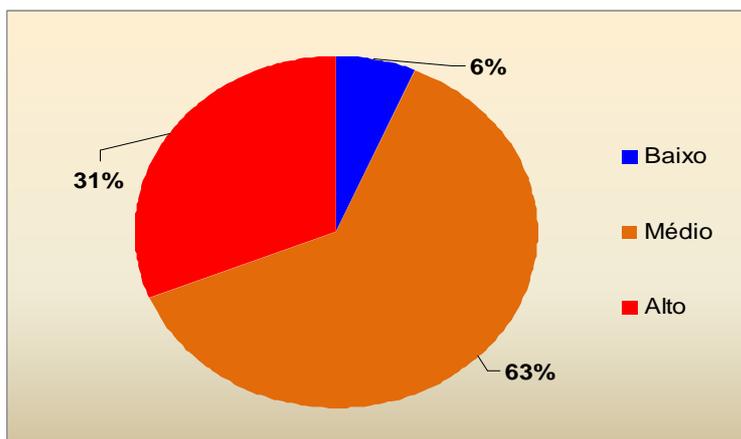
**Tabela 34. Categorização dos agrotóxicos sem evidências de carcinogenicidade (ou inclassificáveis para este critério), segundo outros aspectos toxicológicos**

Substância	Toxicidade Aguda <sup>(1),(2)</sup>		Toxicidade reprodutiva e comportamental <sup>(1)</sup>		Disrupção endócrina <sup>(1)</sup>		Inibidor da colinesterase <sup>(1)</sup>		Somatório dos Pesos
	Categoria	Peso (p)	Categoria	Peso (p)	Categoria	Peso (p)	Categoria	Peso (p)	(P)
<b>Grupo 1</b>									
Bentazona	Pouco perigoso <sup>(2)</sup>	1	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	7
Endossulfam	Altamente perigoso <sup>(1)</sup>	5	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	11
Endrin	Altamente perigoso <sup>(2)</sup>	5	Tóxico	6	E. C. I	3	Não	0	14
Glifosato	Pouco perigoso <sup>(1)</sup>	1	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	7
Metoxicloro	Pouco perigoso <sup>(1)</sup>	1	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	7
Simazina	Pouco perigoso <sup>(1)</sup>	1	Tóxico	6	E. C. I	3	Não	0	10
<b>Grupo 2</b>									
Aldicarbe	Extremamente perigoso <sup>(2)</sup>	6	E. C. I	3	E. C. I	3	Sim	3	15
Carbofurano	Altamente perigoso <sup>(2)</sup>	5	E. C. I	3	E. C. I	3	Sim	3	14
Clorotoluron	Sem toxicidade, em condições normais de uso <sup>(2)</sup>	0	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	6
Clorpirifós	Medianamente perigoso <sup>(2)</sup>	3	E. C. I	3	E. C. I	3	Sim	3	12
Isoproturon	Pouco perigoso <sup>(2)</sup>	1	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	7
Piriproxifem	Pouco perigoso <sup>(1)</sup>	1	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	7
Terbutilazina	Pouco perigoso <sup>(1)</sup>	1	E. C. I	3	E. C. I	3	Não	0	7
<b>Grupo 3</b>									
Metamidofós	Altamente perigoso <sup>(2)</sup>	5	E.C.I	3	E.C.I	3	Sim	3	14
Oxicloreto de cobre	Pouco perigoso <sup>(2)</sup>	1	E.C.I	3	E.C.I	3	Não	0	7
Parationa metflica	Extremamente perigoso <sup>(2)</sup>	6	E.C.I	3	E.C.I	3	Sim	3	15

FONTE: (1) PAN (2009a); (2) WHO (2005)

NOTA: E. C. I – Evidências científicas insuficientes

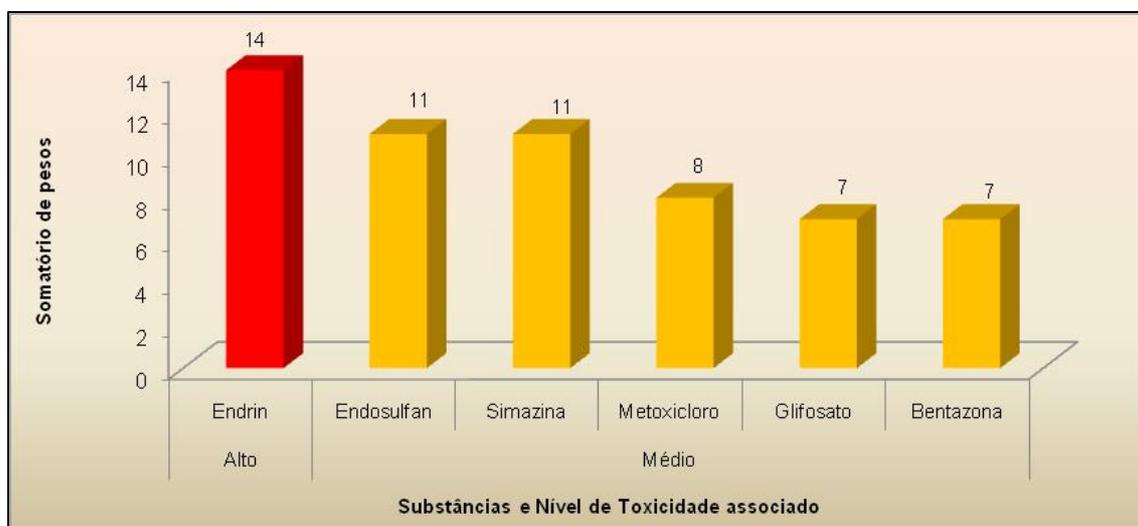
Os valores referentes ao Nível de Toxicidade das 16 substâncias avaliadas variaram entre seis (clorotoluron) e 15 (aldicarbe e parationa metílica). A Figura 25 mostra a distribuição percentual dos agrotóxicos avaliados, segundo os três diferentes níveis potenciais em causar danos à saúde humana. A maioria das substâncias foi classificada como nível médio de toxicidade, representando 63% do total, seguidas daquelas indicadas como nível alto de toxicidade, compreendido por cinco substâncias (31%) e nível baixo, com apenas uma substância (clorotoluron).



**Figura 25. Distribuição percentual das substâncias avaliadas, em termos do potencial em trazer danos à saúde humana – Nível de Toxicidade**

FONTE: Elaborado a partir de PAN (2009a) e WHO (2005)

A Figura 26 ilustra os diferentes níveis de toxicidade atribuídos às seis substâncias avaliadas no Grupo 1. Bentazona e glifosato apresentaram o menor valor (7) e, juntamente com metoxicloro, simazina e endossulfam foram classificadas com nível de toxicidade médio. O endrin apresentou o valor máximo do grupo (14), caracterizado como nível de toxicidade alto.



**Figura 26. Nível de toxicidade – Grupo 1**

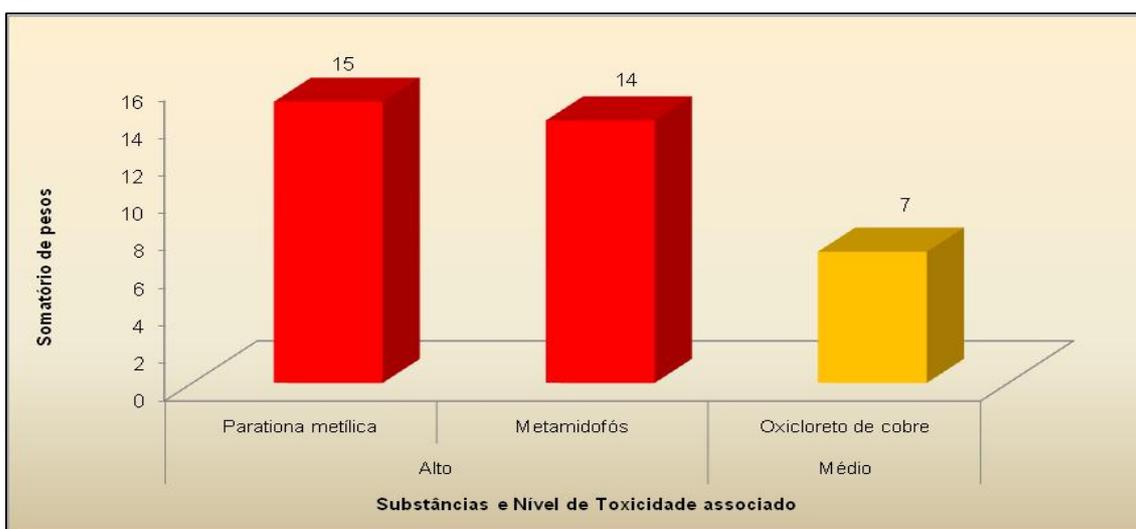
FONTE: Elaborado a partir de PAN (2009a) e WHO (2005)

A Figura 27 apresenta os níveis de toxicidade determinados para sete substâncias do Grupo 2. Dentre tais substâncias, o clorotoluron apresentou o menor nível de toxicidade (6); o aldicarbe e carbofurano, classificados como alto nível de toxicidade, apresentaram somatório de pesos igual a 15 e 14, respectivamente. Os demais princípios ativos foram categorizados com nível de toxicidade médio.



**Figura 27. Nível de toxicidade – Grupo 2**  
 FONTE: Elaborado a partir de PAN (2009a) e WHO (2005)

A Figura 28 indica a classificação de três substâncias do Grupo 3, cujo nível de toxicidade alto foi observado para parationa metílica e metamidofós (P igual a 15 e 14, respectivamente). O oxicloreto de cobre apresentou somatório de pesos igual a 7, sendo classificado como nível médio de toxicidade.



**Figura 28. Nível de toxicidade – Grupo 3**  
 FONTE: Elaborado a partir de PAN (2009a) e WHO (2005)

#### **5.4. ETAPA 4 – Estimativa da exposição**

O estabelecimento e quantificação da exposição a compostos químicos presentes na água de consumo humano pressupõe, inicialmente, a identificação e monitoramento de tais compostos (VAN DIJK-LOOIJAAARD; VAN GENDEREN, 2000). Os efeitos à saúde decorrentes da exposição às substâncias químicas ocorrem a partir de duas fontes principais de informação: estudos em seres humanos e estudos de toxicidade com animais. A fonte preferencial seria aquela relacionada aos estudos em grupos populacionais. Entretanto, o número de trabalhos para muitas substâncias é limitado, seja pela inexistência de informações quantitativas sobre os níveis de exposição, seja pela exposição concomitante a outros agentes. Os estudos em animais são mais frequentes, mas impõem limitações por incluírem relativamente poucos animais e, quase sempre, os expõem a concentrações elevadas. Essas limitações condicionam a utilização de fatores de incerteza, ao serem extrapolados dados de estudos em animais para humanos (WHO, 2008).

Os estudos para determinação da toxicidade objetivam identificar a natureza do dano causado e as faixas de doses sob as quais o efeito é produzido. A consideração inicial costuma ser a realização de um estudo de toxicidade aguda (dose única) para a substância em questão. Tais estudos de toxicidade aguda irão subsidiar o cálculo das doses que não serão letais, nos estudos de toxicidade de longa duração (USEPA, 1990).

Faria, Fassa e Facchini (2007) discutiram aspectos relacionados às intoxicações por agrotóxicos no Brasil e aos desafios para o desenvolvimento de estudos epidemiológicos. Algumas considerações foram apontadas, no que tange às lacunas existentes de pesquisas epidemiológicas sobre o tema, sobretudo quanto aos efeitos crônicos. Nesse sentido, os autores ressaltam que a despeito do crescimento quantitativo e qualitativo de estudos, incluindo aqueles que contemplam o ambiente e a questão alimentar, ainda há muito que ser trabalhado, especialmente no que diz respeito às dificuldades encontradas, tanto em caracterizar a exposição crônica, quanto em obter informações sobre os efeitos de longo termo associados.

De maneira análoga, Oliveira (2005) destaca que grande parte dos estudos realizados no Brasil aborda a questão dos agrotóxicos em termos específicos da contaminação, seja humana ou ambiental, sem levar em conta as distintas rotas de exposição e causas do problema. Reconhece-se, portanto, que ainda há muito que ser avaliado, seja em termos da identificação de contaminantes nos ambientes aquáticos,

seja das relações entre tais contaminantes e a ocorrência de efeitos adversos à saúde humana (DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001; NIEUWENHUIJSEN; PAUSTENBACH; DUARTE-DAVIDSON, 2006). Essa dificuldade encontra espaço, ainda, no caráter que assume a água contaminada por substâncias microbiológicas, em detrimento dos efeitos causados por agentes químicos, conforme já referenciado. Enquanto os riscos devidos à presença de agentes patogênicos constituem problema imediato, agudo e por vezes associados a surtos de grandes proporções, os riscos químicos configuram-se, normalmente, como um problema de longo prazo, cujos efeitos crônicos, muitas vezes, são de difícil detecção. A exposição aguda a agrotóxicos via ingestão de água ocorreria, por exemplo, devido à contaminação em grandes proporções, em virtude de derramamento acidental de agrotóxicos que eventualmente poderiam atingir os corpos d'água. Entretanto, nesses casos, a água normalmente apresenta sabor e odor característicos que causariam sua rejeição, por parte da população. Dessa forma, a preocupação maior ocorre para a ingestão contínua de água contaminada a baixas concentrações, o que configuraria um risco crônico.

Os efeitos sobre a saúde decorrentes da exposição aos agrotóxicos variam segundo o princípio ativo envolvido. Dentre aqueles já identificados e publicados pela literatura internacional especializada, destacam-se (ATSDR, 2008; IARC, 2009b; PERES; MOREIRA, 2003; YOUNES; GALAL-GORCHEV, 2000):

- **efeitos devidos à exposição aguda:** cólicas abdominais, dores de cabeça, tonturas, tremores musculares, irritabilidade, perda de apetite, enjoos, vômitos, anemia;
- **efeitos devidos à exposição crônica:** problemas hepáticos, renais, neurotóxicos, alterações cromossomiais, problemas com os sistemas cardiovascular e reprodutivo, com algumas evidências de desregulação endócrina e câncer.

Entretanto, ainda há muitas questões a serem conhecidas sobre os riscos potenciais à saúde, advindos da exposição aos compostos orgânicos presentes em baixas concentrações (VAN DIJK-LOOIJAAARD; VAN GENDEREN, 2000). Esses autores indicam, também, que a exposição a micropoluentes orgânicos via ingestão de água pode ser considerada pequena, embora salientem a existência de lacunas sobre a proporção dessa exposição, em relação à exposição total ou à IDT.

## **Caracterização da exposição e contribuição relativa ao consumo de água**

A exposição humana aos agrotóxicos ocorre segundo diferentes rotas, o que dependerá de cada circunstância. Em algumas dessas rotas, os indivíduos podem ser expostos por mais de uma via ao mesmo tempo, o que configura exposição múltipla. Assim, por exemplo, um trabalhador rural pode ser exposto tanto durante a aplicação do agrotóxico em dada cultura, quanto pelo consumo de alimentos ou água contaminados. Da mesma forma, populações que moram próximas a áreas cultivadas com agrotóxicos podem consumir água ou alimentos contaminados, bem como inalar a substância eventualmente presente no ar. Além disso, um mesmo indivíduo pode ser exposto a mais de um tipo de agrotóxico, ainda que segundo uma única rota, configurando, também, uma situação preocupante de exposição.

A definição de VMP para substâncias químicas não genotóxicas ocorre a partir da estimativa da IDT, que inclui a contribuição relativa ao consumo de água, além de outras possíveis formas de exposição, via ingestão de alimentos. Como exemplo, a ATSDR (2008) afirma que em virtude de ser praticamente insolúvel em água, o hexaclorobezeno, em geral, não está presente na água de consumo humano em concentrações elevadas e essa exposição seria, portanto, limitada. Essa mesma fonte aponta a seguinte exposição média anual para o hexaclorobenzeno: alimentos (1,0 µg/kg); ar (0,01 µg/kg); água (0,00085 µg/kg). Por outro lado, a exposição ao pentaclorofenol por ingestão de alimentos contaminados é considerada limitada; as estimativas de exposição diária, para um adulto com 70 kg, seriam: alimentos (10,5 µg); água (21 µg); ar (63 µg).

A ANVISA estabelece valores de IDT para cinco dos 23 agrotóxicos relacionados pela Portaria MS nº 518/2004 (Grupo 1): bentazona, endossulfam, glifosato, permetrina e 2,4D, dentre os quais os dois últimos apresentam evidências de carcinogenicidade, conforme indicado na Tabela 32. Com base na Equação 3 e considerando a existência de NOAEL (USEPA, 2010) para o 2,4D (5 mg/kg/dia) e permetrina (25 mg/kg/dia), a Tabela 35 apresenta um exercício semelhante ao que Bastos (2006) efetuou para o glifosato. Nessa tabela, os VMP das substâncias mencionadas (Grupo 1) são analisados em termos da fração a que corresponderiam, dentre o valor total da IDT para tais substâncias. Neste sentido, a partir dos valores do VMP e IDT para cada substância e da consideração de massa corporal de 60 kg para adulto e ingestão diária de 2L de água, tem-se:

$$i) \text{ IDT}_{\text{adulto}} (\text{mg/dia}) = \text{IDT} (\text{mg/kg mc}) \times 60 (\text{kg})$$

$$ii) \text{ IDMT} (\text{mg/dia}) = \text{VMP} (\text{mg/L}) \times 2 (\text{L})$$

**Tabela 35. Contribuição relativa ao consumo de água, em termos da IDT, para substâncias do Grupo 1, a partir dos VMP já estabelecidos na Portaria MS n° 518/2004 –**

Parâmetro	VMP Brasil (µg/L)	IDT ANVISA (mg/kg mc)	IDT adulto <sup>(1)</sup> (mg/dia)	IDMT <sup>(2)</sup> (mg/dia)	IDMT/IDT <sup>(3)</sup> (%)
Bentazona	300	0,1	6,0	0,6	10,0
2,4-D	30	0,01	0,60	0,06	10,0
Endossulfam	20	0,006	0,36	0,04	11,1
Glifosato <sup>(4)</sup>	500	0,042	2,52	1	39,7
Permetrina	20	0,05	3,0	0,04	1,3

FONTE: Elaborado a partir de BRASIL (2005a) e ANVISA (2009f)

NOTAS:

(1) Considerando 60 kg de massa corporal, IDT adulto

(2) Ingestão Diária Máxima Teórica para um consumo diário de 2 L de água

(3) Percentual do VMP atribuído ao consumo de água;

(4) BASTOS (2006).

Na Tabela 35 nota-se que os VMP para o glifosato e endossulfam na água de consumo humano correspondem a cerca de 40 e 11%, respectivamente, do valor total definido pela ANVISA para a IDT dessas substâncias. Os parâmetros bentazona e 2,4-D respondem, ambos, por 10% da IDT definida pela ANVISA, ao passo que o percentual atribuído ao VMP da permetrina é de cerca de 1%. Tais valores indicam a contribuição máxima esperada devido à ingestão de água contendo as substâncias químicas relacionadas e apontam para a necessidade de que sejam averiguadas, em termos do quão representativas seriam essas contribuições, face a outras possíveis fontes de exposição, a exemplo dos alimentos, da inalação e do contato dérmico. Questões como: (i) “os percentuais máximos atribuídos à exposição às substâncias destacadas, por ingestão de água, podem ser considerados adequados, implicando em segurança para os atuais VMP dessas substâncias?” (ii) “como incorporar exposição a múltiplas substâncias, via ingestão de água, na norma brasileira de potabilidade?” devem ser objeto de reflexão.

A análise dos resultados (ano a ano) sobre os resíduos de agrotóxicos encontrados em alimentos (PARA/ANVISA), juntamente com dados do IBGE sobre o consumo médio diário *per capita* de alimentos talvez possa auxiliar na estimativa da exposição (para alguns princípios ativos) via ingestão de alimentos. Estudo realizado por Enes e Silva (2005) avaliou o risco crônico potencial da ingestão de agrotóxicos por meio da dieta de famílias da região sul do país. O trabalho levou em conta os LMR e

IDT de 206 agrotóxicos registrados para uso no Brasil, bem como a ingestão diária média dos seguintes alimentos, para um adulto de 60 kg: arroz, feijão, batata, tomate, cebola e café. Para os três estados da região sul, foi observado em torno de 55% dos compostos com fração da IDT atribuída à alimentação inferior a 1%.

Até 2008, o percentual da IDT atribuído ao consumo de água, utilizado pela OMS na definição de valores guias, correspondia a 10%. Entretanto, foi proposta a alteração para 20% com a justificativa de que o percentual anterior era excessivamente conservador. Assim, a partir de 2008, OMS recomenda que na ausência de informações confiáveis sobre as distintas vias de exposição, deverá ser adotada a fração de 20% da IDT, proveniente da ingestão de água. É ressaltado, todavia, que em determinados casos há evidências de que a exposição a uma substância via alimentação é muito baixa, sendo possível alocar frações superiores a 80% à ingestão de água (como os subprodutos da desinfecção, por exemplo). Adicionalmente, para situações em que os resíduos de determinados agrotóxicos provavelmente serão encontrados nos alimentos, poderão ser utilizadas frações bastante reduzidas, associadas à ingestão de água, tais como 1% ou menos (WHO, 2008). Embora a OMS tenha procedido a esta mudança no percentual médio atribuído ao consumo de água, os valores guias já indicados na 3ª. edição não foram modificados.

### **Definição de VMP para algumas substâncias dos grupos 1, 2 e 3, segundo distintos cenários de exposição**

A utilização de valores de referência atribuídos ao volume de água ingerido diariamente (C), massa corporal média do indivíduo (mc) e fração da exposição conferida ao consumo de água (P) podem trazer consigo algum distanciamento da realidade, em virtude das condições de contorno consideradas e, portanto, das incertezas associadas. Esse distanciamento torna-se ainda mais significativo quando tais informações são consideradas da mesma maneira para contextos distintos, como para países em que as características socioambientais divergem, em muito, daqueles nos quais foram obtidas as informações originalmente.

Para adultos, a OMS recomenda os seguintes valores: mc = 60 kg; P = 20% e C = 2 L (WHO, 2008). Diferentemente da OMS, USEPA, Canadá e Austrália utilizam mc = 70 kg para adultos. Os valores utilizados pelos EUA e Austrália para os percentuais da IDT atribuída ao consumo de água variam entre 1%, 10% e 20%, dependendo da substância. Já para o consumo médio diário de água, Austrália e Canadá

utilizam 1,5 L e EUA utilizam 2 L (HEALTH CANADA, 2008; NHMRC, 2004; USEPA, 2009c).

Diante do exposto, há que ser questionado se os valores normalmente atribuídos ao volume de água consumido diariamente, massa corporal e percentual da IDT atribuído ao consumo de água, nos cálculos mencionados, são os mais adequados à realidade nacional. O desenvolvimento de estudos específicos para o Brasil, considerando-se as peculiaridades nacionais relacionadas ao consumo de agrotóxicos e à sua população talvez aponte para uma negativa ao questionamento.

A Tabela 36 apresenta uma simulação de cálculo de diferentes VMP para algumas substâncias, cujos valores de IDT foram obtidos junto à ANVISA e, quando possível e com o intuito de comparar os resultados, mediante outros valores de IDT referenciados pela USEPA e Health Canada. Os VMP foram calculados segundo cinco situações distintas:

- **Situação 1:** mc = 60 kg; P = 20% e C = 2L
- **Situação 2:** mc = 60 kg; P = 20% e C = 1,5L
- **Situação 3:** mc = 70 kg; P = 20% e C = 2L
- **Situação 4:** mc = 70 kg; P = 15% e C = 2L
- **Situação 5:** mc = 10 kg; P = 20% e C = 1L

A Situação 1 inclui os valores atualmente sugeridos pela OMS para mc, P e C, nas situações em que os países não possuem os dados ou os mesmos não são confiáveis. A Situação 5 corresponde aos valores normalmente utilizados para caracterizar a exposição de crianças. As demais situações apresentam combinações de valores, segundo aqueles normalmente utilizados pelas Agências Internacionais para massa corporal média do indivíduo (mc) e volume diário de água ingerida (C).

**Tabela 36. Obtenção de VMP para algumas substâncias, segundo cinco situações distintas**

Parâmetro	IDT (mg/kg mc)	Situação 1 VMP (µg/L)	Situação 2 VMP (µg/L)	Situação 3 VMP (µg/L)	Situação 4 VMP (µg/L)	Situação 5 VMP (µg/L)
<b>Grupo 1</b>						
Bentazona	0,1 <sup>(1)</sup>	600,0	800,0	700,0	525,0	200,0
	0,03 <sup>(2)</sup>	180,0	240,0	210,0	157,5	60,0
Endossulfam	0,006 <sup>(1)</sup>	36,0	48,0	42,0	31,5	12,0
Endrin	0,0003 <sup>(2)</sup>	1,8	2,4	2,1	1,6	0,6
	0,042 <sup>(1)</sup>	252,0	336,0	294,0	220,5	84,0
Glifosato	0,1 <sup>(2)*</sup>	600,0	800,0	700,0	525,0	200,0
	2,0 <sup>(2)**</sup>	12.000,0	16.000,0	14.000,0	10.500,0	4.000,0
	0,03 <sup>(3)</sup>	180,0	240,0	210,0	157,5	60,0
Metoxicloro	0,005 <sup>(2)</sup>	30,0	40,0	35,0	26,3	10,0
	0,1 <sup>(3)</sup>	600,0	800,0	700,0	525,0	200,0
Simazina	0,02 <sup>(2)</sup>	120,0	160,0	140,0	105,0	40,0
	0,0013 <sup>(3)</sup>	7,8	10,4	9,1	6,8	2,6
<b>Grupo 2</b>						
Aldicarbe	0,003 <sup>(1)</sup>	18,0	24,0	21,0	15,8	6,0
	0,001 <sup>(2) (3)</sup>	6,0	8,0	7,0	5,3	2,0
Carbofurano	0,002 <sup>(1)</sup>	12,0	16,0	14,0	11,0	4,0
	0,00006 <sup>(2)</sup>	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1
	0,01 <sup>(3)</sup>	60,0	80,0	70,0	52,5	20,0
Cianazina	0,002 <sup>(2)</sup>	12,0	16,0	14,0	10,5	4,0
	0,0013 <sup>(3)</sup>	7,8	10,4	9,1	6,8	2,6
Clorpirifós	0,01 <sup>(1)</sup>	60,0	80,0	70,0	53,0	20,0
	0,0003 <sup>(2)</sup>	1,8	2,4	2,1	1,6	0,6
Dimetoato	0,002 <sup>(1) (3)</sup>	12,0	16,0	14,0	11,0	4,0
Piriproxifem	0,1 <sup>(1)</sup>	600,0	800,0	700,0	525,0	200,0
<b>Grupo 3</b>						
Carbendazim	0,02 <sup>(1)</sup>	120,0	160,0	140,0	105,0	40,0
Diurrom	0,003 <sup>(2)</sup>	18,0	24,0	21,0	15,8	6,0
	0,0156 <sup>(3)</sup>	93,6	124,8	109,2	82	31
Mancozebe	0,03 <sup>(1)</sup>	180,0	240,0	210,0	158,0	60,0
Metamidofós	0,004 <sup>(1)</sup>	24,0	32,0	28,0	21,0	8,0
Parationa metílica	0,003 <sup>(1)</sup>	18,0	24,0	21,0	16,0	6,0
	0,0002 <sup>(2)</sup>	1,2	1,6	1,4	1,1	0,4
Tebuconazol	0,03 <sup>(1)</sup>	180,0	240,0	210,0	158,0	60,0

NOTAS:

(1) IDT ANVISA (2009f)

(2) IDT USEPA (2009c)

(3) IDT HEALTH CANADA (2010)

(\*) IDT ou dose de referência (RfD) obtida a partir de estudo de reprodução em três gerações de ratos (CAL-EPA, 2006)

(\*\*) IDT ou dose de referência (RfD) obtida a partir de estudo em coelhos. É o valor mais recente, sendo atualmente referenciado pela USEPA, embora os valores relativos ao MCLG e MCL ainda sejam referentes à RfD de 0,1 mg/kg/dia (CAL-EPA, 2006; USEPA, 2009c)

Observa-se, pela análise da Tabela 36, expressiva variação entre valores de IDT de uma mesma substância, ao se considerar distintas agências, com destaque para bentazona, glifosato, metoxicloro, simazina (Grupo 1); aldicarbe, carbofurano e clorpirifós (Grupo 2); diurom e parationa metílica (Grupo 3). Tal variação, somada aos valores característicos de massa corporal média do indivíduo (mc), volume diário de água ingerida (C) e fração da IDT atribuída ao consumo de água (P) para as diferentes agências justificam algumas distinções substanciais entre os VMP em vigor nos países relacionados na Etapa 1 deste trabalho.

De maneira análoga, observa-se grande variação entre as cinco situações apresentadas na Tabela 36, para um mesmo valor de IDT. A alocação de valores diferenciados daqueles preconizados pela OMS (Situação 1) para a mc, C e P (mantida a IDT constante) pode acarretar em VMP cujas variações chegam a até 40% (com exceção do glifosato), ao se considerar as quatro primeiras situações. Os valores de VMP indicados para a Situação 5 também apresentam variações em relação às demais, demonstrando a importância de que populações mais vulneráveis, como as crianças, não sejam negligenciadas durante a tomada de decisões para adoção de VMP. Nesse sentido e para algumas substâncias específicas, os responsáveis pela definição do padrão de potabilidade poderiam optar pela escolha de VMP mais conservadores, tendo em vista a proteção dessa população mais suscetível.

Especificamente para o glifosato, os valores de IDT considerados variaram entre 0,03 mg/kg/dia (Canadá) a 2 mg/kg/dia (EUA). Cabe ressaltar que a USEPA utilizou o valor de IDT igual a 0,1 mg/kg/dia (baseado em estudos feitos em três gerações de ratos) para a definição dos valores meta e mandatório (MCLG e MCL, respectivamente) do padrão de potabilidade dos EUA. Entretanto, estudos mais recentes realizados em coelhos subsidiaram a obtenção de uma IDT vinte vezes maior (2,0 mg/kg/dia), que passou a ser utilizada pela USEPA, por julgarem que o estudo referente a este valor seria mais adequado do que o estudo com ratos. Entretanto, tal mudança no valor referenciado para a IDT não significou alteração nos valores de MCLG e MCL, que foram mantidos os mesmos, quais sejam: 0,7 mg/L, conforme referenciado na última edição do documento *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories*, em 2009 (CAL-EPA, 2006; USEPA, 2009c). A desconsideração do novo valor de IDT para o cálculo do padrão para glifosato talvez seja em virtude do conseqüente aumento substancial no VMP, conforme se verifica na Tabela 36 para as

cinco situações hipotéticas. Os VMP obtidos para o glifosato, ao se considerar a IDT de 2 mg/kg/dia, variaram entre 4.000 µg/L (Situação 5) e 16.000 µg/L (Situação 2).

Dentre as substâncias do Grupo 3 consideradas na Tabela 36, apenas o diurom não apresenta IDT relacionada pela ANVISA. Nesse caso, foram considerados os valores propostos pela USEPA (0,003 mg/Kg/dia) e Canadá (0,0156 mg/Kg/dia), que conduziram à obtenção de VMP que variaram entre 15,8 µg/L (Situação 4) a 24 µg/L (Situação 2), excluída a Situação 5.

Destaca-se, entretanto, que muito mais do que um mero exercício algébrico, o estabelecimento de valores arbitrários para as variáveis mencionadas pode conduzir a VMP conservadores, desnecessariamente, o que talvez comprometa o atendimento por parte dos prestadores de serviço de abastecimento de água ou, na pior das hipóteses, subdimensionados e que poderiam não cumprir seu papel de proteção da saúde da população aos riscos da exposição prolongada aos agrotóxicos, via ingestão de água.

Considerando as variações sócio-econômicas e culturais que ocorrem no Brasil e o fato de que o padrão de potabilidade tem validade em todo o território nacional, a obtenção de valores fidedignos para as variáveis: *massa corporal* e *consumo diário médio de água* não constitui tarefa simples, implicando em grande desafio, no processo de definição do padrão de potabilidade brasileiro. Somado a isso, a ausência de informações sistemáticas sobre o consumo de agrotóxicos, a detecção dessas substâncias no ambiente (sobretudo no solo e na água), ou mesmo, a divulgação das propriedades físicas dos agrotóxicos registrados para uso no país também dificultam uma avaliação pormenorizada sobre a dinâmica dessas substâncias no ambiente e sobre as frações da IDT que devem ser atribuídas à ingestão de água, na definição de um VMP.

Além das dificuldades assinaladas, há que serem consideradas as incertezas e variabilidades inerentes às variáveis de entrada para o cálculo do VMP, pois podem influenciar sobremaneira na escolha dos valores mais adequados, ao se definir um padrão de potabilidade. Tal aspecto é importante porque as variáveis estão sujeitas a algum grau de incerteza ou variabilidade, podendo ter contribuição relativa bastante expressiva na incerteza e variabilidade total observada para o VMP.

Nesse sentido, Rai *et al* (2002) estudaram, mediante distribuições probabilísticas, os fatores que mais contribuiriam para a incerteza e a variabilidade nos riscos potenciais associados à presença de tetracloroetileno e trihalometanos em águas

para consumo humano, a partir de dados compilados, opiniões de especialistas e informações obtidas na literatura específica. O estudo apontou que dentre todas as variáveis envolvidas na definição do VMP (incluindo o NOAEL e fatores de segurança utilizados na obtenção da IDT), o consumo de água (C) contribui mais para a variabilidade (86,1%) do que o peso corporal do indivíduo (mc), que responderia por 13,9% da variabilidade total. Ressalta-se que o referido estudo considerou que o NOAEL e os fatores de segurança não seriam inerentemente variáveis, de modo que apresentariam distribuição probabilística apenas para as incertezas.

Conforme já referenciado, a Alemanha utiliza o critério de precaução para estabelecer valores guias de substâncias em água para consumo humano, naqueles casos em que a toxicidade para humanos não pode ser avaliada ou o conhecimento científico sobre determinada substância é insuficiente para permitir essa avaliação. A utilização de uma abordagem semelhante para o Brasil, em termos da adoção de um Valor Paramétrico baseado em Saúde (VPS) calcado no Princípio da Precaução talvez possa ser viável, a partir do reconhecimento da existência limitada de dados nacionais. De toda forma, há que serem averiguados os limites de detecção laboratorial e as metodologias usualmente empregadas no país, para a determinação de agrotóxicos em água.

## 5.5. ETAPA 5 – Caracterização qualitativa do risco

A temática dos agrotóxicos envolve uma rede intrincada de aspectos e questões relacionadas (cujo controle, por vezes, é difícil), além de diversos atores e interesses, conforme sumarizado na Tabela 37. Nesse sentido, há que se reconhecer que a definição/atualização do padrão de potabilidade para tais substâncias inclui, em maior ou menor intensidade, a consideração dessas variáveis e de suas implicações.

**Tabela 37. Principais questões relacionadas ao uso de agrotóxicos e inserção desses parâmetros em normas de potabilidade**

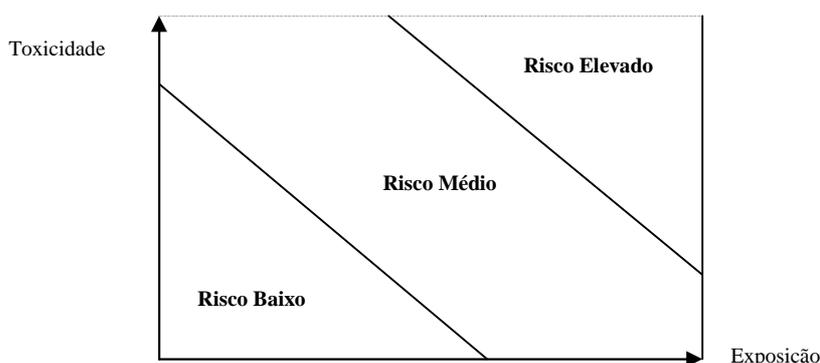
Aspectos	Principais questões afetadas
Uso de agrotóxicos	Registro de substâncias, no Brasil, e reavaliação toxicológica de substâncias com registros já concedidos Ingredientes ativos mais utilizados Políticas que privilegiam o uso maciço de agrotóxicos, em detrimento ao manejo sustentável de pragas Uso de substâncias proibidas no país ou não recomendadas para determinadas culturas Uso em desconformidade com as normas de armazenamento, aplicação e descarte de embalagens Estados e regiões com maiores consumos Saúde do trabalhador rural e de sua família Fiscalização do uso de agrotóxicos
Substâncias	Características físico-químicas Potencial tóxico Persistência no ambiente e potencialidade de contaminar as águas
Exposição aos agrotóxicos	Via ingestão de água Via alimentos Via contato dérmico
Tratamento da água e detecção analítica das substâncias em água	Tecnologias de tratamento e possibilidades de remoção Realidade nacional quanto ao tratamento da água para consumo humano Disponibilidade de métodos analíticos para detecção de agrotóxicos em água
Disponibilidade da informação	Informações limitadas nas monografias de agrotóxicos, disponibilizadas pela ANVISA Ausência/deficiência na divulgação de informações relativas ao consumo efetivo (quantitativo e qualitativo) de agrotóxicos, segundo as diferentes culturas e unidades da Federação Ausência de dados sistemáticos sobre a detecção de agrotóxicos no ambiente, principalmente no solo e na água

Além da diversidade de substâncias com registro de uso, atualmente, no Brasil, as informações relacionadas na Etapa 2 deste trabalho indicaram estados com utilização considerável dessas substâncias, como São Paulo, Mato Grosso, Minas Gerais e Paraná. Entretanto, dada a importância assumida pela agroeconomia, o uso de agrotóxicos, ainda que em menor quantidade, existe em todo o território.

Devido ao uso substancial de agrotóxicos, pode existir a possibilidade de que tais substâncias sejam encontradas na água e as características físicas e

toxicológicas dos produtos, aliadas ao modo de aplicação e às especificidades locais (como tipo de solo, pH, temperatura, incidência solar e pluviosidade) é que condicionarão a dinâmica dessas substâncias no ambiente.

De maneira prática, o risco atribuído à ingestão de água contendo agrotóxicos será função da toxicidade da substância e da exposição a que as pessoas estão submetidas, conforme esquematizado na Figura 29. Dessa maneira, ao considerar apenas o perigo intrínseco de cada substância (toxicidade) não há que aventar a existência de risco à saúde, a menos que existam condições propícias para que a população tenha contato; isto é, além da presença do contaminante tóxico na água, em concentrações específicas, é preciso haver exposição. Em outras circunstâncias, pode ser estabelecida uma situação dita aceitável ou tolerável, do ponto de vista da saúde pública, por razões de ordem econômica ou política, assumindo-se um risco de exposição a determinados níveis.



**Figura 29. Risco como função da toxicidade e da exposição**

FONTE: Elaborado a partir de WHO [entre 1995 e 2000]

Younes e Galal-Gorchev (2000) assinalam que a caracterização do risco, para agrotóxicos não carcinogênicos, é um processo complexo, na medida em que a exposição não ocorreria, normalmente, apenas a uma substância, mas a misturas e, frequentemente, através de diversos meios, no ambiente. Adicionalmente, Reiman e Banks (2004) referenciam algumas razões pelas quais o estabelecimento de padrões para água de consumo humano não constitui tarefa simples, com destaque para as evidências toxicológicas que raramente são unânimes, implicando em questões como: (i) o conhecimento científico pode aumentar (ou mudar), com o passar do tempo, ocasionando alterações periódicas sobre a percepção dos níveis ditos “seguros” e (ii) a extrapolação de dados de animais para humanos é repleta de incertezas.

De todo modo, a priorização inicial de substâncias a serem contempladas, em normas de potabilidade, deverá levar em conta a combinação de fatores relacionados com a potencialidade de trazer danos à saúde e com a frequência ou nível de ocorrência da substância na água; mas, tão importante quanto identificar as substâncias mais utilizadas em determinada região e, portanto, passíveis de serem encontradas nos mananciais subterrâneos e superficiais, é garantir que o tratamento da água distribuída à população seja capaz de torná-la segura.

Entretanto, as informações referenciadas na etapa de caracterização dos agrotóxicos de interesse, acerca da tratabilidade da água com presença de agrotóxicos apontaram para a preocupante situação de que as tecnologias utilizadas no país não são consideradas plenamente seguras para garantir a qualidade química de águas contaminadas por tais substâncias. Resultados de estudos indicaram que apenas as substâncias que possuam a característica de transporte para águas superficiais, associadas ao sedimento em suspensão, teriam alguma possibilidade de remoção, durante a remoção da turbidez. Tal fato reforça a importância das ações preventivas em toda a bacia contribuinte ao manancial de captação; sobretudo em termos da adoção de boas práticas agrícolas, por parte dos agricultores, o que inclui o uso seguro e responsável das substâncias, conforme receituário agrônomo e recomendações de rótulo dos produtos.

A caracterização toxicológica das substâncias constituintes do Grupo 2 indicou aldicarbe e carbofurano com nível de toxicidade alto e clorpirifós, terbutilazina e piriproxifem com nível médio. Para o Grupo 3, verificou-se que parationa metílica e metamidofós apresentaram nível de toxicidade alto e oxicloreto de cobre nível médio. De maneira geral as substâncias do Grupo 3 apresentam potencial para contaminar as águas e os produtos formulados são, em sua maioria, muito perigosos para o ambiente. Essa constatação, aliada ao fato de que alguns desses princípios tiveram seu uso expressivo (em 2005), sobretudo o metamidofós e o mancozebe (dentre as classes dos inseticidas e fungicidas, respectivamente), demonstram a necessidade de serem avaliados, em termos da pertinência de incorporação ao padrão de potabilidade nacional; ainda que outras questões devam ser consideradas, como o consumo real de tais substâncias, atualmente, no país e a factibilidade de serem removidas no tratamento convencional. As discussões contempladas na etapa 4, *Estimativa da Exposição*, quanto à definição de possíveis VMP para tais substâncias, também devem ser consideradas.

Conforme já mencionado, diversos agrotóxicos já banidos ou com uso restrito em outros países, em virtude de indícios de riscos à saúde pública, ainda possuem registro de uso no Brasil, carecendo de urgente reavaliação toxicológica. Diante disso e a partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores deste trabalho, a Figura 30 indica um fluxograma que pode ser utilizado como subsídio para delinear padrões de potabilidade, a partir de características toxicológicas das substâncias. Ressalta-se que para as substâncias cujo conhecimento científico não indique um valor de NOAEL foi sugerida a utilização de um Valor Paramétrico de Saúde (VPS) igual a 0,1µg/L, a exemplo do que o governo alemão preconiza, em termos do princípio da precaução, conforme já referenciado. Naturalmente que os gestores da temática no Brasil podem estabelecer valores diferenciados, segundo a consideração de questões como limites de detecção laboratorial.

A utilização do fluxograma indicado na Figura 30, em adição à análise sobre o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas (na ausência de dados concretos sobre níveis de agrotóxicos em águas brutas e tratadas), poderá sinalizar quais substâncias seriam prioritárias, na definição de padrões de potabilidade de água.

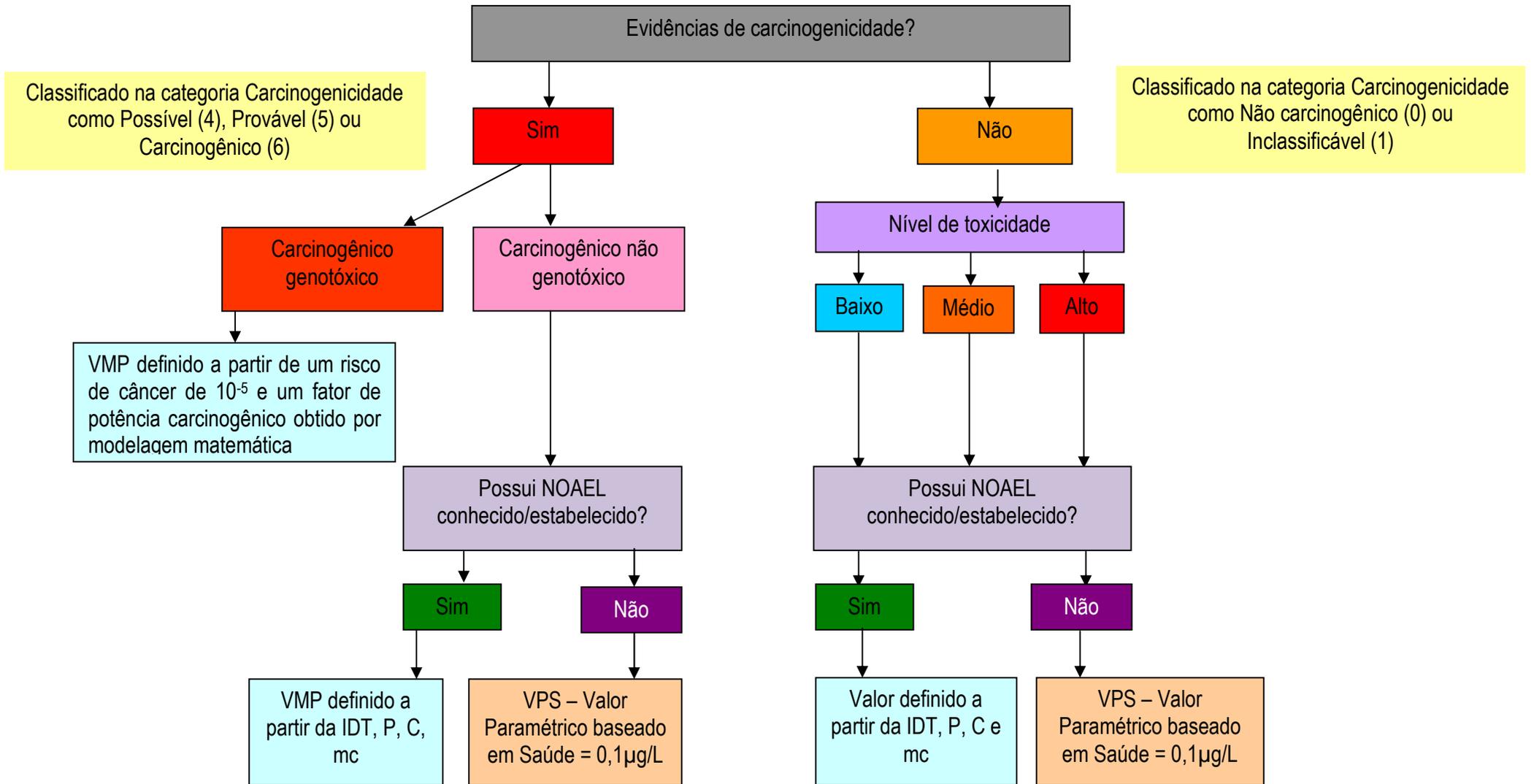


Figura 30. Fluxograma para definição de VMP de agrotóxicos em água para consumo humano, segundo aspectos toxicológicos

A incorporação da análise probabilística de risco no desenvolvimento de padrões de potabilidade de água poderá melhor subsidiar os tomadores de decisão, ao fornecer uma caracterização mais completa do risco, incluindo informações sobre as faixas de risco para determinadas situações específicas de exposição (RAI *et al.* 2002). Entretanto, diante das incertezas que dificultam a quantificação do nível de risco a que a população brasileira está exposta aos diversos agrotóxicos e da complexidade dos processos que envolvem tais substâncias, o desenvolvimento de algumas ações de âmbito local e regional focadas no gerenciamento de risco, assume importância inquestionável, também, por se constituírem em subsídio para a definição de políticas públicas voltadas à qualidade da água para consumo humano. Dentre tais ações, podem ser ressaltadas:

- i) incentivo ao manejo biológico de pragas, sobretudo na agricultura familiar, em detrimento ao uso de agrotóxicos para este fim;
- ii) rigor nos procedimentos exigidos para o registro de uso de agrotóxicos no país, bem como nos processos de reavaliação toxicológica daquelas substâncias com registro já concedido;
- iii) fiscalização do uso de agrotóxicos, em todo o país, pelos atores correspondentes e o estabelecimento de ações enérgicas contra o uso de agrotóxicos clandestinos ou cuja utilização seja proibida, para determinadas culturas;
- iv) educação em saúde junto aos trabalhadores rurais, com ênfase no uso restrito de agrotóxicos e conforme as orientações de uso previstas no rótulo, atendendo às normas mínimas de segurança;
- v) implementação de programas de monitoramento de resíduos de agrotóxicos no ambiente e ampliação do programa existente, para detecção de resíduos nos alimentos;
- vi) sistematização, disponibilização e divulgação de informações concernentes à intensidade de uso de agrotóxicos, bem como à detecção dessas substâncias no ambiente e nos alimentos, nas diferentes regiões do país.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise processada neste trabalho, com enfoque nos agrotóxicos, permitiu traçar um panorama da situação atual da legislação brasileira de potabilidade, frente às experiências internacionais, em termos da definição de parâmetros de interesse e respectivos valores guias ou VMP. A metodologia utilizada pode ser útil na análise de outras substâncias (sobretudo as químicas) contempladas na legislação nacional, como parte do processo de revisão da norma brasileira, em sua íntegra.

A despeito das limitações impostas pela ausência de dados recentes sobre o consumo de agrotóxicos no país, os resultados apresentados quanto ao perfil do uso dessas substâncias apontaram que além de um número considerável de princípios ativos e produtos registrados e, portanto, disponíveis no mercado, produtos não recomendados para determinadas culturas também tem sido utilizados. Adicionalmente, verificou-se que embora existam alguns estados que respondam pelo maior consumo de agrotóxicos, sobretudo nas regiões sudeste (São Paulo e Minas Gerais), sul (Paraná) e centro-oeste (Mato Grosso e Goiás), os problemas advindos do uso dessas substâncias podem ser considerados como de abrangência nacional.

Considerando a ampla gama de agrotóxicos com registro autorizado no Brasil, o uso considerável dessas substâncias em diversas culturas e as experiências internacionais consideradas neste trabalho, seria importante que o Governo Federal sinalizasse valores guias para **todos** os princípios ativos cujo uso é autorizado, uma vez que, se disponíveis para utilização, podem estar presentes no ambiente e, em especial, nas águas utilizadas para consumo humano. Isso é particularmente importante ao se considerar que independente da adoção de um padrão mandatório, devem existir ações específicas para o atendimento aos critérios de qualidade da água, pelos prestadores de serviço de abastecimento e outras ações de vigilância, por parte dos órgãos fiscalizadores, além do controle social, exercido pela população atendida. Conforme verificado para alguns países, a definição de normas de potabilidade mais abrangentes, em termos das substâncias sinalizadas, permite que os setores responsáveis pelo tratamento/distribuição da água e autoridades sanitárias possuam índices referenciais para quaisquer substâncias que potencialmente poderiam estar presentes na água, segundo as especificidades de determinado local. Adicionalmente, as limitações impostas pela aferição da qualidade da água apenas segundo parâmetros específicos (por exemplo, nos sinergismos advindos de misturas de contaminantes) e as diretrizes

internacionais mais recentes tem sinalizado para uma abordagem de qualidade da água mais ampla do que apenas a delimitação de parâmetros e respectivos VMP.

Alguns agrotóxicos tiveram sua produção e uso proibidos ou restringidos no mundo e não são contemplados em diretrizes e padrões de potabilidade de alguns países. Entretanto, substâncias como o aldrin/dieldrin, DDT, endrin, heptacloro e hexaclorobenzeno (sinalizados na atual legislação brasileira) são, além de tóxicas para os seres vivos, reconhecidamente persistentes no ambiente e com potencial para bioacumulação, tendo sido encontradas, inclusive, em algumas amostras de água, no controle realizado por prestadores de serviço de abastecimento, em 2008, no país. Tudo isso indicaria, ao menos a princípio, a pertinência em considerá-las em programas de monitoramento ambiental e, portanto, no estabelecimento de valores guias, no Brasil.

Ainda que os Guias da OMS sejam a principal referência para a elaboração do padrão de potabilidade, no Brasil, seria importante que a legislação nacional sinalizasse as bases científicas que nortearam a definição do padrão nacional, com a devida publicidade dessas informações aos interessados, para que não haja dúvidas sobre quais foram as premissas e condições de contorno definidas ou consideradas.

Uma importante lacuna identificada neste trabalho refere-se ao desconhecimento por parte da sociedade em geral e, mesmo de alguns segmentos do poder público, sobre a realidade nacional, em termos do consumo de agrotóxicos. Não existem dados oficiais divulgados sobre a intensidade desse consumo e as especificidades das diferentes regiões brasileiras, quanto ao volume e descrição das substâncias utilizadas nas diferentes culturas. Dentre os muitos prejuízos atribuídos a esse desconhecimento da realidade nacional, destacam-se a dificuldade em sistematizar informações e em definir padrões de potabilidade de água mais próximos às necessidades do país.

Além da divulgação de dados oficiais sobre o consumo de agrotóxicos, cabe destacar a relevância da implantação de programas de monitoramento ambiental dos agrotóxicos mais consumidos no país ou daqueles elencados como prioritários, em termos da potencialidade em trazer prejuízos à saúde humana e aos ecossistemas. A exemplo do PARA, coordenado pela ANVISA, seria importante que os agentes públicos relacionados à temática desenvolvessem e implementassem uma política similar para o monitoramento ambiental de resíduos de agrotóxicos, sobretudo em solo e em água bruta e tratada, com a cobertura mais ampla possível, junto às regiões do país. O desenvolvimento desses programas viabilizaria uma análise mais precisa sobre a

exposição das populações aos agrotóxicos via ingestão de água, assim como sobre a relevância desta exposição face às outras possíveis rotas de contaminação, que incluiriam, por exemplo, a ingestão de alimentos. Outra importante vantagem da implantação e manutenção de programas de monitoramento refere-se à constituição de bancos de dados nacionais que, a exemplo de alguns países como EUA e Holanda, são utilizados no processo constante de revisão dos parâmetros e limites de exposição, considerados nas suas legislações.

O pleno desenvolvimento das ações de gerenciamento de riscos, de maneira complementar e harmoniosa, pelos diferentes gestores públicos, permitiria que a implementação de uma avaliação de risco constante, em termos da presença de agrotóxicos em águas utilizadas para consumo humano se tornasse uma realidade no Brasil e, por conseguinte, permitisse uma revisão contínua e segura do padrão de potabilidade nacional para estas substâncias.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Pelo próprio caráter de complexidade que o tema encerra, o desenvolvimento deste trabalho foi focado em questões bastante específicas da presença de agrotóxicos em normas de potabilidade de água. Dessa forma, recomenda-se o desenvolvimento de outros estudos sobre a temática, que contemplem:

- i) avaliação da viabilidade técnica e financeira de remoção de agrotóxicos, tendo em vista as diferentes tecnologias disponíveis para o tratamento de água;
- ii) sistematização e avaliação das possibilidades analíticas de detecção de agrotóxicos em água, quanto aos limites de detecção dos principais métodos e viabilidade técnica para incorporação das metodologias em larga escala, pelos prestadores de serviço de abastecimento de água e laboratórios de saúde pública;
- iii) avaliação probabilística de risco, a partir do uso de modelagens matemáticas que considerem as incertezas e variabilidades inerentes aos parâmetros utilizados para o cálculo do VMP.

A revisão e atualização dos parâmetros agrotóxicos constituem-se, apenas, de parte (importante) de um processo maior, que contempla a legislação de potabilidade de água, em toda sua amplitude. Nesse sentido, recomenda-se que o Governo Federal e, enquanto responsável pela definição do padrão de potabilidade nacional, o Ministério da Saúde, institucionalize essa importante tarefa de revisão contínua do padrão de potabilidade nacional. Para isso e, a exemplo da experiência de outros países, é necessário, em primeira instância, a definição de um plano de trabalho e a garantia da continuidade do processo, mediante a sustentabilidade financeira, operacional e de recursos humanos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE MEDICAMENTOS, ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA MÉDICA (ANMAT). **Código Alimentario Argentino – Capítulo XII – Bebidas hidricas, agua y agua gasificada.** Argentina. Disponível em: <[http://www.anmat.gov.ar/codigoa/Capitulo\\_XII\\_Agua\\_2007-05.pdf](http://www.anmat.gov.ar/codigoa/Capitulo_XII_Agua_2007-05.pdf)>. Atualizado em 2008. Acesso em: 28 dez. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Reavaliação de agrotóxicos: 10 anos de proteção à população.** Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/020409.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2009a.

\_\_\_\_\_. **Institucional.** Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/institucional/anvisa/apresentacao.htm>>. Acesso em 14 out. 2009b.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Informações sobre Agrotóxicos SIA.** Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/agrosia/asp/default.asp>>. Acesso em: 01 dez. 2009c.

\_\_\_\_\_. **Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo Endossulfam.** Nota Técnica. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2a163c8040677e54814eeb137b78f2dc/en\\_dossulfam.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2a163c8040677e54814eeb137b78f2dc/en_dossulfam.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 12 dez. 2009d.

\_\_\_\_\_. **Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo Acefato.** Nota Técnica. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/dc6d030040677f2b8160eb137b78f2dc/ac\\_etato++nota+tecnica.PDF?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/dc6d030040677f2b8160eb137b78f2dc/ac_etato++nota+tecnica.PDF?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 12 dez. 2009e.

\_\_\_\_\_. **Monografias de Produtos Agrotóxicos.** Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/index.htm>>. Acesso em: 30 dez. 2009f.

\_\_\_\_\_. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA).** Nota Técnica: Resultados PARA 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home/agrotoxicotoxicologia>>. Acesso em 22 jan. 2010.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile information sheet: 2008.** Department of health and human services. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html#bookmark05>>. Acesso em: 25 out. 2009.

\_\_\_\_\_. **About ATSDR.** Disponível em: <[http://www.atsdr.cdc.gov/about/mission\\_vision\\_goals.html](http://www.atsdr.cdc.gov/about/mission_vision_goals.html)>. Acesso em: 14 out. 2009.

AMORIM, L. C. A. **Justificativas sobre os parâmetros e critérios utilizados para definição dos parâmetros químicos da portaria de potabilidade n.º. 1469/2000.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marianeto@ensp.fiocruz.br> em 12 mai. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). **A indústria química brasileira em 2007.** Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=ain&pag=estat>>. Acesso em: 11 jan. 2009.

BASTOS, R. K. X. Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano – evolução da legislação brasileira. In: CONGRESSO REGIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL DA 4ª REGIÃO DA AIDIS, CONE SUL, 4., 2003, São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. (CD-ROM).

\_\_\_\_\_. **Glifosato:** valor máximo permitido na água para consumo humano. Parecer Técnico. Brasília: Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde, mai. 2006. 19p.

BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; FORMAGGIA, D. M. E.; AMORIM, L. C.; SANCHEZ, P. S.; BEVILACQUA, P. D.; COSTA, S. S.; CANCIO, J. A. Revisão da Portaria 36 GM/90. Premissas e princípios norteadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. (CD-ROM).

BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; BEVILACQUA, P. D.; PÁDUA, V. L.; BRANDÃO, C. C. S. Legislação sobre Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. A Experiência Brasileira Comparada à Panamericana. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS, 29. 2004, San Juan, Porto Rico. **Anais...** San Juan: AIDIS, 2004. (CD-ROM).

BERGIN, R. **2008 Status Report Pesticide Contamination Prevention Act.** California Department of Pesticide Regulation. Annual Report, 2009. Disponível em: <<http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/ehapreps/eh0902.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2009.

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; OLIVEIRA, A. A.; MARTINS, M. B. C.; BRITO, L. L. A. Densidades de Giardia e Cryptosporidium em

mananciais de abastecimento de água e prevalência de giardíase: usos e aplicações do modelo teórico de avaliação de risco. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2002, Cancun, México: **Anais...** apud BASTOS, R.K.X. Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano – evolução da legislação brasileira. In: CONGRESSO REGIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL DA 4ª REGIÃO DA AIDIS, CONESUL, 4., 2003, São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. (CD-ROM).

BOESTEN, J. J. T. I.; KÖPP, H.; ADRIAANSE, P. I.; BROCK, T. C. M.; FORBES, V. E. Conceptual model for improving the link between exposure and effects in the aquatic risk assessment of pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, CA: Elsevier. 2007, vol.66, n.3. 291-308.

BOFFETTA, P. Human cancer from environmental pollutants: the epidemiological evidence. **Mutation Research**, 2006; 608(2):157-62, 2006.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; ZANELLA, R.; COPETTI, A. C. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2006. v.10, nº 4, p. 881-887.

BRASIL. **Decreto nº 79.367**, de 9 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. Diário Oficial da União. Capital Federal: 10 mar. 1977, Seção I, Parte I, p. 2741. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123878>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 98.916**, de 11 de janeiro de 1990a. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União. 12 jan. 1990, Seção II, p.876. Disponível em: <<http://www.ibamapr.hpg.com.br/dow.htm>>. Acesso em 24 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 4.074**, de 04 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União. 2002. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5.440**, de 04 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Diário Oficial da União. 2005b. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/decreto\\_5440.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/decreto_5440.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1989. Disponível em: <<http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/42/1989/7802.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.936**, de 14 de maio de 2009. Proíbe a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloreto (DDT) e dá outras providências. Diário Oficial da União. Poder Legislativo. Brasília, DF. 2009a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L11936.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11936.htm)>. Acesso em: 12 jan. 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades. Ministério da Saúde. **Diagnóstico da estrutura de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano**: Portaria MS nº 518/2004. 1 ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2009b. 192p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 36**, de 19 de janeiro de 1990b. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano em todo o território nacional. DOU, Brasília: 23 jan. 1990, Seção I, p. 1651-1654.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 1.469**, de 29 dez. 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, 22 fev. 2001. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005a. (Série E, Legislação em Saúde).

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de Procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água**

**para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006. (Série A. Normas e Manuais Técnicos) 284p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Documento base de construção e revisão da Portaria n° 36/MS/1990.** Brasília: Ministério da Saúde, 2007. (Série E. Legislação de Saúde) 108p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância em Saúde Ambiental: Dados e indicadores selecionados. III Informe Unificado das Informações sobre Agrotóxicos Existentes no SUS.** 2009. Edição especial. Brasília: Ministério da Saúde, 2009c (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Perfil Nacional da Gestão de Substâncias Químicas.** Brasília: MMA, 2003. 280p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Portaria n° 84,** de 15 de outubro de 1996. Estabelece os procedimentos a serem adotados para efeito de registro e avaliação do potencial de periculosidade ambiental de agrotóxicos químicos, seus componentes e afins. Disponível em: < [http://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/Portaria\\_84.pdf](http://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/Portaria_84.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Portaria n° 26,** de 15 de setembro de 2008. Disciplina a obrigatoriedade de uso do Sistema Eletrônico de Relatórios Semestrais para apresentação de dados de agrotóxicos. Diário Oficial da União. Seção 1. n° 179 de 16 de setembro de 2008. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/qualidade-ambiental/areas-tematicas/agrotoxicos/>>. Acesso em: 13 jan. 2010.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos.** Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 1997. 69p.

BRITO, N. M.; AMARANTE JR., O. P.; ABAKERLI, R.; SANTOS, T. C. R.; RIBEIRO, M. L. Risco de Contaminação de Águas por Pesticidas Aplicados em Plantações de Eucaliptos e Coqueiros: Análise Preliminar. **Pesticidas: Riscos Ecotoxicológicos e Meio Ambiente,** Curitiba, v. 11, jan.-dez. 2001.

CABRERA, L.; COSTA, F. P.; PRIMEL, E. G. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Química Nova,** São Paulo. 2008. v. 31, n° 8, p. 1982-1986.

CAIRUS, H. F.; RIBEIRO JR., W. A. **Textos Hipocráticos: O doente, o médico e a doença.** Rio de Janeiro: ABRASCO, 2005, p. 91-112.

CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (CAL-EPA). **Public Health Goal for Glyphosate in Drinking Water.** Office of Environmental Health Hazard Assessment. Pesticide and Environmental Toxicology Branch. Draft for Review Only. February 2006. Disponível em: <[http://oehha.ca.gov/water/phg/pdf/glyphosate\\_draft.pdf](http://oehha.ca.gov/water/phg/pdf/glyphosate_draft.pdf)>. Acesso em 2 abr. 2010.

CHENG, H. H. Pesticides in soil environment-an overview. In: CHENG, H. H. (Ed.) *Pesticides in the soil environment: process, impact and modeling.* Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.1-5. apud PESSOA, M.C.P.Y. *et al.* Software AGROSCRE: Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Agrotóxicos. **Boletim de Desenvolvimento e Pesquisa** 26. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 24 p.

CLARKE, R.; KING, J. **O Atlas da Água.** [Trad. Anna Maria Quirino]. São Paulo: Publifolha, 2005. 128p.

COHEN, S. Z.; WAUCHOPE, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSPORTH, C. V.; GRANCY, R. Offsite transport of pesticides in water - mathematical models of pesticide leaching and runoff. *Pure and Applied Chemistry.* London, v. 67, p. 2109-2148, 1995. apud PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. Software AGROSCRE – Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Agrotóxicos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 26. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 24 p.

COUNCIL DIRECTIVE. **Quality of water intend for human consumption.** *Jornal Oficial das Comunidades Europeias,* 1998. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF>>. Acesso em: 30 jan. 2009.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova,** São Paulo, 2006. v. 29, nº 1. p. 61-65.

CRAVEDI, J. P.; ZALCO, D.; SAVOURET, J. F.; MENUET, A.; JÉGOU, B. The concept of endocrine disruption and human health. **Med. Sci.,** Paris, feb. 2007. 23(2): 198-204.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em

Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar. **Química Nova**. São Paulo. vol. 24, nº 1, 2001. p.27-36.

ENES, C. C.; SILVA, M. V. O potencial de ingestão de resíduos de pesticidas, por meio da alimentação disponível nos domicílios das famílias da região Sul do Brasil. **Higiene Alimentar**. São Paulo. vol. 19, nº 136, 2005. p.36-40.

EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK (EXTOXNET). **Toxicology Information Brief**. Extoxnet Glossary. Publication Date: Sept. 1993. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/TIB/extoxnetglosarry.html>>. Acesso em: 19 out. 2009.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Information Profile**. 2,4D to Captan. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/index.html>>. Acesso em 11 jan. 2010.

FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: Os sistemas oficiais de informação e desafios para a realização de estudos epidemiológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**. Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva – ABRASCO, Rio de Janeiro v. 12. nº 1. jan./mar. 2007.

FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY – GERMANY. **Evaluation from the point of view of health of the presence in drinking water of substances that are not (yet) possible or only partially possible to evaluate**. Recommendation of the German Federal Environmental Agency after consultation with the Drinking Water Commission at the Federal Environmental Agency. 2003. 5p. Disponível em: <<http://www.umweltdaten.de/wasser-e/empfnichtbewertbstoffe-english.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2010.

FERNANDES NETO, M. L.; FERREIRA, A. P. Perspectivas da sustentabilidade ambiental diante da contaminação química da água: Desafios normativos. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - INTERFACEHS**. [São Paulo]: [s.n]. v. 2. 2007. p. 4-8.

FERNANDES NETO, M. L.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro. v. 14 nº. 1 p. 69-78, jan.-mar. 2009.

FERRACINI, V. L. ; PESSOA, M. C. Y. P.; SILVA, A. S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. Curitiba, v. 11. p. 1-16, jan.-dez. 2001.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, mai. 2002. v.37, nº 5, p. 659-667.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; ABAKERLI, R. B.; GOMES, M. A. F. Monitoramento de agrotóxicos e qualidade das águas em área de agricultura irrigada. (Nota Técnica). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, abr.-jun. 2005. v.11, nº 2, p. 245-250.

FORMAGGIA, D. M. E.; PERRONE, M. A.; MARINHO, M. J. F.; SOUZA, R. M. G. L. Portaria nº 36 GM de 19/01/90: Necessidade de revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro. v. 2, p.5-9, 1996.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F.; MOREIRA, J. C.; PIVETTA, F.; MACHADO, J. M. H.; FREITAS, N. B. B.; ARCURI, A. S. Segurança química, saúde e ambiente: perspectivas para a governança no contexto brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, jan.-fev. 2002. v.18 nº 1. p. 249-256.

FUNTOWICZ, S.; DE MARCHI, B. Ciência Posnormal, Complejidad Reflexiva y Sustentabilidad, 2000. In: LEFF, E. (ed), **La Complejidad Ambiental**. México: Siglo XXI. 2000. p. 54-84.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: ATLAS, 1991 apud SILVA, E. C.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001. 121p.

GIUSTINA, J. S. D. **Um sistema de contabilidade analítica para apoio às decisões do produtor rural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta/giustina/indice/index.html>>. Acesso em: 30 mar. 2009.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida Tebuthiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas: Riscos Ecotoxicológicos e Meio Ambiente**, Curitiba, jan.-dez. 2001. v. 11.

GOSS, D. W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potencial Water Quality Impacts. **Weed Technology**, [S.l.], jul.-sept., 1992. vol. 6. nº 3. 701-708.

GUIVANT, J. S. Reflexividade na sociedade de risco: conflitos entre leigos e peritos sobre os agrotóxicos. In HERCULANO, S. (Org.), **Qualidade de vida e riscos ambientais**. Niterói: Editora da UFF, 2000. p. 281-303.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Elmsford, v. 8, n.º 4, p. 339-357, 1989 apud PESSOA, M. C. P. Y. *et al.* Software AGROSCRE – Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Agrotóxicos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 26. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 24 p.

HACON, S. S. Avaliação e gestão de risco ecotoxicológico à saúde humana. In: AZEVEDO, F. A. A.; CHASIN, A. A. M (Org.). **As bases ecotoxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa, 2003; São Paulo: Intertox, 2003.p. 245- 322.

HACON, S.; BARROCAS, P.; SICILIANO, S. Avaliação de Risco para a Saúde Humana: Uma Contribuição para a Gestão Integrada de Saúde e Ambiente. **Cadernos de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, 2005. v.13, n.º 4, p 811-836,  
HARRISON, W. N.; WATT, B. E.; VALE, J. A. Pesticides in Drinking Water: What Should be the Standard? **Clinical Toxicology**, Birmingham/United Kingdom, 2000. vol. 38, issue 2, p. 145-147.

HAAS, C. N.; ROSE, J. B; GERBA, C. P. **Quantitative microbial risk assessment**. John Wiley & Sons, Inc. USA, 1999.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality: Summary Table**. Disponível em: <[http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/sum\\_guide-res\\_recom/summary-sommaire-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/summary-sommaire-eng.pdf)>. 2008. Acesso em: 09 dez. 2009.

\_\_\_\_\_. **Water Quality - Reports and Publications Environmental and Workplace Health**. Disponível em: <<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/index-eng.php#guide>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

\_\_\_\_\_. **Approach to the derivation of drinking water guidelines**. Febr. 1995. Modificado em 19 mar. 2009. Disponível em: < [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/part\\_i-partie\\_i/partI-partieI-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/part_i-partie_i/partI-partieI-eng.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2009.

HELLER, L.; BASTOS, R. K. X.; PINTO, V. G.; PÁDUA, V. L. Terceira edição do guias da Organização mundial da Saúde: que impacto esperar na Portaria 518/2004? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande-MS. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. (CD-ROM).

HUANG, W. Y.; BEACH, D. E.; FERNANDEZ, C. J.; URI, N. D. An assessment of the potential risks of groundwater and surface water contamination by agricultural chemicals used in vegetable production. **The Science of the Total Environment**, Irlanda: Elsevier, 1994. vol. 153 n 1-2. p. 151-167.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). **Complete List of Agents evaluated and their classification.** Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>>. Acesso em: 21 set. 2009a.

\_\_\_\_\_. **IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.** Occupational Exposures in insecticide application and some pesticides. Volume 53. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/index.php>>. Acesso em: 21 dez. 2009b.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **International Chemical Cards (ICSCs).** Disponível em: <<http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc>>. Acesso em: 13 out. 2009.

INTERNATIONAL WATER AND SANITATION CENTRE - IRC. **Pesticides in drinking water and EU legislation.** 2004. Disponível em: <<http://www.irc.nl/page/13219>>. Acesso em: 13 abr. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Brasil 2008.** Estudos e Pesquisas de Informação Geográfica número 5. Rio de Janeiro: IBGE 2008. (CD ROM).

\_\_\_\_\_. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.** Banco de Dados Agregados. Agricultura. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=4&z=t&o=11&ul=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1>>. Acesso em: 07 jan. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatório de Consumo de Ingredientes Ativos de Agrotóxicos e Afins no Brasil.** Brasília, 2000. 154p. (Uso Restrito).

\_\_\_\_\_. **Ibama em números.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/wp-content/files/Ibama-em-numeros.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (INN). CHILE. **Agua potable – Parte 1.** Norma Chilena Oficial. 2006. Disponível em: <<http://www.qiltda.cl/qi/downloads/NCh409version031207.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2009.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Chemical safety information from intergovernmental organizations.** Disponível em: <<http://www.inchem.org>>. Acesso em: 21 set. 2009.

JENKINS, J. O. Implementing the E.U. Drinking Water Directive: Exploring the impact of the consumer. **Water and Environment Journal**. May 2005. vol. 19. issue 1 page 57-76.

KELLER, V. Risk assessment of down-the-drain chemicals: Search for a suitable model. **Science of the Total Environment**, 360 (1-3): 305-318. 2006.

LARINI, L. **Toxicologia**. 3<sup>a</sup>. edição. São Paulo, SP: Editora Manole, 1997. 301p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005. 444p.

LONDON, L.; DALVIE, M. A.; NOWICKI, A.; CAIRNCROSS, E. Approaches for regulation water in South Africa for the presence of pesticides. **Water SA**. South Africa, v. 31, jan. 2005 p. 53-59.

LOPES, M. N. T. **Pesticidas mais empregados na cultura de soja no município de Dourados (MS): determinação em água para consumo humano**. 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Química)-Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara. 2006.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A; SILVA, M. S.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Risco Ecotoxicológico e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, jan. -dez. 2005. p. 1-14.

MARQUES, M. N. **Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo: Uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade**. 2005. 198 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2005.

MARQUES, M. N; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F. Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, 2007. v. 30. n° 5, p. S1-S2.

MARCHESAN, E.; ZANELLA, R.; AVILA, L. A.; CAMARGO, E. R.; MACHADO, S. L. O; MACEDO, V. R. M. Rice Herbicide Monitoring in Two Brazilian Rivers during the Rice Growing Season. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz), v. 64, n°. 2. Mar.-apr. 2007. p. 131-137.

MENEZES, C. T. **Método para priorização de ações de vigilância da presença de agrotóxicos em águas superficiais**: um estudo em Minas Gerais. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)-Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2006.

MILANEZ, B.; PORTO, M. F. S.; LEROY, J. P.; MALERBA, J.; BRANCO, J. C.; SILVA, M. A. M.; NYCS, Z.; JORGENSEN, M. S. **Agrotóxico na terra dos outros é refresco**. Rede Brasileira de Justiça Ambiental. Disponível em: <[http://www.justicaambiental.org.br/\\_justicaambiental/pagina.php?id=2204](http://www.justicaambiental.org.br/_justicaambiental/pagina.php?id=2204)>. Acesso em: 19 nov. 2008.

MILHOME, M. A. L.; SOUSA, D. O. B.; LIMA, F. A. F.; NASCIMENTO, R. F. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro. v. 14 n° 3 p. 363-372, jul-set. 2009.

MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL. **Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable**. Gaceta Oficial de La Republica de Venezuela. Año CXXV. Mês V. n 36.395. 1998. Disponível em: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/cd-cagua/normas/lac/20.VEN/01.norma.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2009.

MINISTRY OF HEALTH. **Drinking-water Standards for New Zealand 2005 (Revised 2008)**. 2008. Disponível em: <<http://www.moh.govt.nz/water>>. Acesso em: 30 out. 2009.

MINISTRY OF HEALTH, LABOUR AND WELFARE (MHLW). JAPAN. **Water Quality**. Disponível em: <[http://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water\\_supply/4.html](http://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water_supply/4.html)>. Acesso em: 18 dez. 2009.

NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL (NHMRC). **Australian Drinking Water Guidelines 6. 2004**. National Water Quality Management Strategy. 2004. Disponível em: <[http://www.nhmrc.gov.au/\\_files\\_nhmrc/file/publications/synopses/adwg\\_11\\_06.pdf](http://www.nhmrc.gov.au/_files_nhmrc/file/publications/synopses/adwg_11_06.pdf)>. Acesso em: 28 dez. 2009.

NEGRÃO, P. Extração de compostos orgânicos voláteis de águas subterrâneas através de *air strippers*. **Clean News**, n° 5. Jul. 2002. Disponível em: <[http://www.clean.com.br/Clean\\_News/antigos/cleannews5\\_strippers.pdf](http://www.clean.com.br/Clean_News/antigos/cleannews5_strippers.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2010.

NIEUWENHUIJSEN, M.; PAUSTENBACH, D.; DUARTE-DAVIDSON, R. New developments in exposure assessment: The impact on the practice of health risk

assessment and epidemiological studies. **Environment International**, 2006 (32):996–1009.

OBRAS SANITARIAS DEL ESTADO (OSE). **Norma Interna de Calidad de agua potable**. R/D n° 1477/06. Uruguai, 2006. Disponível em: <[http://www.ose.com.uy/descargas/Clientes/Reglamentos/normativa\\_interna\\_calidad\\_agua\\_potable.pdf](http://www.ose.com.uy/descargas/Clientes/Reglamentos/normativa_interna_calidad_agua_potable.pdf)>. Acesso em: 16 dez. 2009.

OLIVEIRA, S. S. **O Papel da avaliação de riscos no gerenciamento de produtos agrotóxicos**: diretrizes para a formulação de políticas públicas. 2005. 236 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública)-Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable**. Recomendaciones. 2.ed., v.1. Ginebra: OMS, 1995. 195p.

ORMAD, M. P.; MIGUEL, N.; CLAVER, A.; MATESANZ, J. M.; OVELLEIRO, J. L.; Pesticides removal in the process of drinking water production. **Chemosphere**, 2008 vol. 71, p. 97-106.

PÁDUA, V. L. Introdução ao tratamento de água. In: HELLER, L., PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2006. cap. 12, p. 519-570.

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, L., PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2006. cap. 4, p. 153-221.

PAUMGARTTEN, F. J. R. Risk Assessment for Chemical Substances: The Link Between Toxicology and Public Health. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro. v. 9, n° 4. p 439-447, out.-dez. 1993.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, Saúde e Ambiente: uma introdução ao tema. In: PERES, F., MOREIRA, J. C. (Org.). **É veneno ou é remédio? agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 2003. Parte 1. cap.14, p. 21-41.

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A.; GOMES, M. A. F.; SILVA, A. S.; SOARES, J. M. Simulação de movimento de aldicarbe e tebutiuron em solos sob cultivos de banana e cana-de-açúcar no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2003. v. 7, n° 2, p. 297-302.

PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. Software AGROSCRE – Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Agrotóxicos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 26. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 24 p.

PESSOA, M. C. P. Y.; SCRAMIN, S.; CHAIM, A.; FERRACINI, V. L. Avaliação do potencial de transporte de agrotóxicos usados no Brasil por modelos Screening e Planilha eletrônica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 44. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 24p.

PESTICIDE ACTION NETWORK (PAN). **Pesticide Database. Carcinogenicity**. Last updated 2005. Disponível em: <[http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref\\_toxicity3.html](http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_toxicity3.html)>. Acesso em: 07 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Database. Physical properties of pesticides**. Last updated 2006. Disponível em: <[http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref\\_waterair1.html](http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_waterair1.html)>. Acesso em: 23 mar. 2009.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Database. Acute toxicity**. Last updated 2007. Disponível em: <[http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref\\_toxicity2.html](http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_toxicity2.html)>. Acesso em: 07 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Database – About the data**. Last updated 2008. Disponível em: <<http://www.pesticideinfo.org/Docs/data.html>>. Acesso em: 23 mar. 2009.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Database – Chemicals**. Disponível em: <[http://www.pesticideinfo.org/Search\\_Chemicals.jsp](http://www.pesticideinfo.org/Search_Chemicals.jsp)>. Acesso em: 19 out. 2009a.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Database – Califórnia regulatory information**. Disponível em: <[http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref\\_regulatoryCA.html#CAGroundWater](http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_regulatoryCA.html#CAGroundWater)>. Acesso em: 17 nov. 2009b.

PINTO, V. G.; HELLER, L.; BASTOS, R. K. X.; PÁDUA, V. L. Discussão comparativa das legislações sobre controle da qualidade da água para consumo humano em países do continente americano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande-MS. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. (CD-ROM).

POPE, C. KARANTH, S. LIU, J. Pharmacology and toxicology of cholinesterase inhibitors: uses and misuses of a common mechanism of action. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, 2005. vol.19. p. 433–446.

PORTO, M. F. S.; FREITAS, C. M. Análise de riscos tecnológicos ambientais: perspectivas para o campo da saúde do trabalhador. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 1997. v. 13, n° 2. p 59-72.

PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURZ, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, São Paulo, 2005. v. 28. n° 4, p. 605-609.

PRINCE, A. A. Captação de água de superfície. In: HELLER, L., PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2006. cap. 8 (Anexo), p. 378-382.

PRODUCTIVITY COMMISSION. **Arrangements for Setting Drinking Water Standards**. International benchmarking. AusInfo, Canberra. 2000. Disponível em: Disponível em: <[http://www.pc.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0019/9190/drinkw.pdf](http://www.pc.gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/9190/drinkw.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2009.

RAI, S. N.; BARTLETT, S.; KREWSKI, D.; PATERSON, J. The use of probabilistic risk assessment in establishing drinking water quality objectives. **Human and Ecological Risk Assessment**. 2002. v. 8. n° 3, pp. 493-509.

RANGEL, C. F. **Monitoramento de agrotóxicos em águas brutas e tratadas destinadas ao consumo humano, utilizando método multi-resíduo por EFS/CG-EM**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente)-Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Rio de Janeiro. 2008.

REIMAN, C.; BANKS, D. Setting action levels for drinking water: are we protecting our health or our economy (or our backs)? **Science of the total environment**. Oct. 2004. v. 332, Issues 1-3, pages 13-21.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, São Paulo, 2007. v. 30, n° 3, p. 688-694.

RISSATO, S. R.; LIBÂNIO, M.; GIAFFERIS, G. P.; GERENUTTI, M. Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). **Química Nova**, São Paulo, 2004. v. 27, n° 5, p. 739-743.

RISSATO, S. R.; GALHIANE, M. S.; XIMENES, V. F.; ANDRADE, R. M. B.; TALAMONI, J. L. B.; LIBÂNIO, M.; APON, B. M.; CAVALARI, A. A. Organochlorine pesticides an polychlorinated biphenyls in soil and water samples in the

Northeastern part of São Paulo State, Brazil. **Chemosphere**, 2006 vol. 65, p. 1949-1958.

RUDEL, R. A.; ATTFIELD, K. R.; SCHIFANO, J. N.; BRODY, J. G. Chemicals causing mammary gland tumors in animals signal new directions for epidemiology, chemicals testing, and risk assessment for breast cancer prevention. **Cancer**, New York, NY:Wiley-Liss, 2007. vol.109 n 12, Suppl. pp. 2635-66.

SARCINELLI, P. N.; SILVA, J. J. O.; ROSA, A. C. S.; MENEZES, M. A. C.; MOREIRA, J. C.; ALVES, S. R.; MEYER, A.; RANGEL, C. F.; CHRISMAN, J. R.; ALVES, M. F. M.; MOURA, C. M.; FARIA, M. V. C. **Estudo dos agrotóxicos mais utilizados no país: avaliação da contaminação das águas de consumo humano nas grandes bacias hidrográficas e estratégias analíticas para o monitoramento**. Relatório Final. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2005. 49f.

SILVA, E. C.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001. 121p.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG). **Dados de Mercado**. Disponível em: <http://sindag.com.br>>. Acesso em: 29 out. 2007.

\_\_\_\_\_. **Mercado de defensivos**. Câmara Temática de Insumos Agropecuários. Disponível em: <http://sindag.com.br/upload/Vendasjaneirooutubro.ppt>>. Acesso em: 29 jan. 2009.

SNOO, G. R.; TAMIS, W. L. M.; VIJVER, M. G.; MUSTERS, C.; VAN'T ZELFDE, M. Risk Mapping of Pesticides; The Dutch Atlas of Pesticide Concentrations in Surface Waters: [www.pesticidesatals.nl](http://www.pesticidesatals.nl). **Comm. Appl. Biol. Sci**, Ghent University, 71 / 2a, 2006. pp. 49-58.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva – ABRASCO. jan.-mar. 2007. v. 12. nº 1. p.131-143.

SPADOTTO, C. A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. **Pesticidas: Risco Ecotoxicológico e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, jan. -dez. 2002.

TARVER, T. “Just add water”: Regulating and protecting the most common ingredient. **Journal of Food Science**, 2008. Institute of Food Technologist. vol. 73, issue 1. pp. R1-R13.

THUY, P. T.; MOONS, K.; VAN DIJK, J. C.; ANH, N. V.; VAN DER BRUGGEN, B. To what extent are pesticides removed from surface water during coagulation-flocculation? **Water and Environment Journal**, vol. 22, number 3, sept. 2008. 217-223.

TOXICOLOGY DATA NETWORK (TOXNET). United States National Library of Medicine. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/>>. Acesso em 09 mai. 2010.

TRAUTMANN, N. M.; PORTER, K. S.; WAGENET, R. H. Pesticides: Health Effects in Drinking Water. **Natural Resources**. Cornell Cooperative Extension. 1985. Disponível em: <<http://ecommons.library.cornell.edu/handle/1813/3335>>. Acesso em: 14 abr. 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Drinking Water Health Advisory: Pesticides**. Office of Drinking Water Health Advisories. Lewis Publishers, Inc. 1989. 819p.

\_\_\_\_\_. **Risk Assessment, Management and Communication of Drinking Water Contamination**. Seminar Publication. Office of Drinking Water. Office of Research and Development. Office of Technology Transfer and Regulatory Support. June 1990.

\_\_\_\_\_. **Understanding the Safe Drinking Water Act**. EPA 816-F-04-030. June 2004a. Disponível em: <[http://www.epa.gov/safewater/sdwa/pdfs/fs\\_30ann\\_sdwa\\_web.pdf](http://www.epa.gov/safewater/sdwa/pdfs/fs_30ann_sdwa_web.pdf)>. Acesso em: 09 dez. 2009.

\_\_\_\_\_. **Drinking Water Standards & Health Effects**. EPA 816-F-04-037. June 2004b. Disponível em: <[http://www.epa.gov/safewater/sdwa/pdfs/fs\\_30ann\\_standards\\_web.pdf](http://www.epa.gov/safewater/sdwa/pdfs/fs_30ann_standards_web.pdf)>. Acesso em: 09 dez. 2009.

\_\_\_\_\_. **Regulating Public Water Systems and Contaminants Under the Safe Drinking Water Act**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/safewater/standard/setting.html>>. Acesso em: 10 dez. 2009a.

\_\_\_\_\_. **Drinking Water Contaminants**. List of Contaminants & their MCLs. EPA 816-F-09-0004, May 2009b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/safewater/consumer/pdf/mcl.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2009b.

\_\_\_\_\_. **Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories**. EPA 822-R-06-013, October 2009c. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/dwstandards2009.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2010.

\_\_\_\_\_. **Pesticide Reregistration Status.** Disponível em: <<http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

VAN DIJK-LOOIJAAARD, A. M.; VAN GENDEREN, J. Levels of exposure from drinking water. **Food and Chemical Toxicology**, 2000. vol. 38, Supplement 1, p. S37-S42.

VAN LEEUWEN, F. X. R. Safe Drinking Water: The Toxicologist's Approach. **Food and Chemical Toxicology**, 2000. vol. 38, Supplement 1, p. S51-S58.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, nov. 2006. v. 22 n° 11 p. 2391-2399.

YOUNES, M.; GALAL-GORCHEV, H. Pesticides in drinking water – A case study. **Food and Chemical Toxicology**, 2000. vol. 38, Supplement 1, p. S87-S90.

WAKAYAMA, H. **Revision of Drinking Water Quality Standards in Japan.** Office of Drinking Water Quality Management Water Supply Division, Health Service Bureau, Ministry of Health, Labour and Welfare. [entre 2003 e 2009] Disponível em: <<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0264pdf/ks0264011.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2009.

WHITFORD, F.; WOLT, J.; NELSON, H.; BARRETT, M.; BRICHFORD, S.; TURCO, R. **Pesticides and Water Quality – principles, policies and programs. Purdue Pesticide Programs.** Purdue University Cooperative Extension Service. 2001. Disponível em: <<http://www.btny.purdue.edu/Pubs/PPP/PPP-35.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals.** International Program on Chemical Safety, Environmental (IPCS). Health Criteria 210. Geneva, WHO, 1999. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc210.htm>>. Acesso em: 05 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking - water quality.** vol. 1. Third Edition. Geneva: WHO, 2004a.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking - water quality.** 1<sup>st</sup> Addendum to Third Edition. vol. 1. Geneva: WHO, 2006.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking - water quality.** Second Addendum to Third Edition. vol. 1. Geneva: WHO, 2008. Disponível em: <[http://www.who.int/waer\\_sanitation\\_health/dwq/secondaddendum20081119.pdf](http://www.who.int/waer_sanitation_health/dwq/secondaddendum20081119.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2009.

\_\_\_\_\_. **IPCS risk assessment terminology.** Harmonization Project Document n. 1. Geneva: WHO, 2004b. Disponível em <<http://www.who.int/ipcs/methods/harmonization/areas/ipcsterminologyparts1and2.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2009.

\_\_\_\_\_. **The WHO recommended classification of pesticides by hazard and Guidelines to Classification: 2004.** Geneva: WHO, 2005. Disponível em: <[http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard\\_rev\\_3.pdf](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. **Chemical safety of drinking water: assessing priorities for risk management.** Geneva: WHO, 2007.

\_\_\_\_\_. **Pesticides in Drinking-Water.** Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/s07.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/s07.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2009.

\_\_\_\_\_. **Establishing National Drinking-Water Standards.** Who Seminar Pack For Drinking-Water Quality. [entre 1995 e 2000]. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/S17.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/S17.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2010.