UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SUELLEN CRISTINA SACHET SALAMI

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS NA BACIA DO ALTO IVAÍ

CAMPO MOURÃO

2020

SUELLEN CRISTINA SACHET SALAMI

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS NA BACIA DO ALTO IVAÍ

Qualitative assessment of the potential for contamination of surface and groundwater by pesticides in the Alto Ivaí basin

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Morgana Suszek Gonçalves

CAMPO MOURÃO

2020

4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

SUELLEN CRISTINA SACHET SALAMI

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS NA BACIA DO ALTO IVAÍ

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Instrumentos Da Política De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 26 de Novembro de 2020

Prof.a Morgana Suszek Goncalves, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Elton Celton De Oliveira, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Marcio Carvalho Dos Santos, Doutorado - Universidade Estadual do Paraná (Unespar)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/11/2020.

Dedico este trabalho a Deus, pois sei que
ele sempre está comigo, me dando forças,
me protegendo e me guiando.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente a Deus pelos caminhos que tem me propiciado e por ter estado sempre a frente me guiando e dando forças para superar este desafio.

Ao meu marido Luciano Testa, que desde o início desta jornada foi meu maior motivador e incentivador, me dando forças, ajudando e acreditando no meu potencial e a minha família pelo apoio e incentivo de sempre.

Não poderia de deixar de agradecer a minha orientadora e professora Dra. Morgana Suszek Gonçalves, pois desde o início do programa me apoiou no tema escolhido para desenvolvimento da pesquisa e confiou no meu trabalho.

Agradeço também aos membros da banca da qualificação, Professora Doutora Cristiane Kreutz e Professor Doutor Elton Celton de Oliveira pelas sugestões e conhecimentos compartilhados que enriqueceram ainda mais esta pesquisa.

Agradeço imensamente a toda equipe da Agência Nacional de Águas (ANA) e do ProfÁgua pela oportunidade de aprendizado, experiências com excelentes profissionais, troca de conhecimento, apoio, infraestrutura, enfim, só tenho a agradecer por tudo que aprendi com este mestrado profissional. O programa foi muito rico de aprendizado e surpreendente, desde a parte teórica até as práticas realizadas.

E por fim, deixo aqui meu agradecimento a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) de Campo Mourão que desde a minha graduação tem sido minha segunda casa, os professores sempre dispostos a ajudar, a ensinar, excelentes profissionais. Foi na UTFPR que comecei minha carreira profissional, é onde tenho me especializado e tenho muito orgulho disso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPENº.2717/2015, e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR pelo apoio recebido.

RESUMO

Os resíduos de agrotóxicos são a segunda principal fonte de contaminação dos cursos de água no Brasil, atrás apenas do esgoto sanitário. O comércio de agrotóxicos no Brasil vem crescendo ao longo dos anos, entretanto, estudos sobre os riscos associados à sua presença no ambiente e seu monitoramento nas águas ainda são precários. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar qualitativamente o potencial de contaminação por agrotóxicos de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí, bem como propor municípios com maior potencial para realização do monitoramento destes em água. A avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas foi realizada por meio de uma pesquisa exploratória de cunho qualitativo, através do Método de Goss, metodologia de *screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e o Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*). Dos princípios ativos avaliados, os que apresentaram potencial de contaminação de águas subterrâneas foram: sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); atrazina; 2,4-D; equivalente ácido de 2,4-D; tiametoxam; imidacloprido; protioconazol e azoxistrobina e os que possuem potencial de contaminação de águas superficiais são: paraquate; protioconazol; atrazina; diurom; lambda cialotrina; tiametoxam; imidacloprido e azoxistrobina. Dessa forma, considerando-se que todos os princípios ativos com potencial de contaminação das águas são aplicados em culturas na área de abrangência da Bacia do Alto Ivaí, observa-se a importância da implantação de pontos de coleta e análises, e inclusão destes parâmetros em redes de monitoramento, para garantir a qualidade da água. Nesse contexto, foram elencados 26 municípios prioritários para implantação de pontos de monitoramento da qualidade da água em relação aos resíduos de agrotóxicos ao longo da Bacia do Alto Ivaí. Esta pesquisa teve como produto a elaboração de um relatório técnico contendo os resultados obtidos e proposta de municípios e parâmetros para monitoramento destes resíduos em água na região da bacia.

Palavras-chave: agroquímicos; contaminação superficial; contaminação subterrânea; índice Gus; método de Goss.

ABSTRACT

Pesticide residues are the second main source of contamination of watercourses in Brazil, behind only sanitary sewage. The pesticide trade in Brazil has been growing over the years, however, studies on the risks associated with its presence in the environment and its monitoring in the waters are still precarious. Thus, this study aimed to qualitatively assess the potential for pesticide contamination of surface and groundwater in the Alto Ivaí Basin, and counties with the greatest potential for monitoring these in water. The assessment of the potential for contamination of surface and groundwater was carried out through exploratory qualitative research, using the Goss Method, a screening methodology of the United States Environmental Protection Agency (USEPA) and the GUS Index (Groundwater Ubiquity Score) Of the active ingredients obtained, which dissipate the potential for groundwater contamination were: dimethylamine salt of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D Amine); atrazine; 2,4-D; the acid equivalent of 2,4-D; thiamethoxam; imidacloprid; prothioconazole and azoxystrobin and those with potential for surface water contamination are: paraquat; prothioconazole; atrazine; diuron; lambda-cyhalothrin; thiamethoxam; imidacloprid, and azoxystrobin. Thus, considering that all active ingredients with potential for water contamination are in crops in the coverage area of the Alto Ivaí Basin, the importance of implementing collection and analysis points and the inclusion of these parameters in networks is observed monitoring to ensure water quality. In this context, 26 priority municipalities were listed for the implementation of water quality monitoring points about pesticide residues along the Alto Ivaí Basin. This research resulted in the preparation of a technical report containing the results obtained and the proposal of parameters and parameters for monitoring these residues in water in the basin region.

Keywords: agrochemicals; surface contamination; underground contamination; GUS index; Goss method.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo Anvisa.....23
Quadro 2 – Classes Toxicológicas do GHS 23
Quadro 3 – Classificação e efeitos e/ou sintomas agudos e críticos dos principais agrotóxicos 29
Quadro 4 – Principais culturas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí 47
Quadro 5 – Principais ingredientes ativos de agrotóxicos com o uso nas respectivas culturas.....48
Quadro 6 – Potencial de contaminação das águas superficiais pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí 52
Quadro 7 – Potencial de contaminação das águas subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí 55
Quadro 8 – Potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí, bem como relação com a aplicação nas culturas 59
Quadro 9 – Volume de agrotóxicos comercializados nos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí – Ano: 2018 63
Quadro 10 – Proposta dos princípios ativos e municípios prioritários para implantação de pontos de monitoramento da qualidade da água em relação aos resíduos de agrotóxicos ao longo da Bacia do Alto Ivaí 69
Quadro 11 - Total de área plantada em hectares, na região da Bacia do Alto Ivaí 82
Quadro 12 – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na Bacia do Alto Ivaí 85
Quadro 13 – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na Bacia do Alto Ivaí.....90
Quadro 14 – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí 95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição do consumo de agrotóxicos e afins entre os anos de 2000 a 2018 21
Figura 2 – Número de agrotóxicos detectados por estado no Brasil 25
Figura 3 – Vias de dissipação de agrotóxicos no ambiente 27
Figura 4 – Bacias Hidrográficas do Paraná com destaque a Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí 36
Figura 5 – Mapa de temperatura média anual do Paraná 37
Figura 6 – Tipos de solo da bacia do rio Ivaí (Destaque delimitação da Bacia do Alto Ivaí) 38
Figura 7 – Declividades da bacia do rio Ivaí (Destaque delimitação da Bacia do Alto Ivaí) 39
Figura 8 – Notificações de intoxicação por agente tóxico no Paraná no ano de 2015 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os 10 ingredientes ativos mais vendidos no ano de 2018 20
Tabela 2 – Método de GOSS para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais 42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diagrama de Pareto: maiores áreas de lavouras temporárias cultivadas na Bacia do Alto Ivaí 45
Gráfico 2 – Diagrama de Pareto: maiores áreas de lavouras permanentes cultivadas na Bacia do Alto Ivaí 46
Gráfico 3 – Distribuição da classificação de toxicidade dos princípios ativos de acordo com a antiga classificação da ANVISA 50
Gráfico 4 – Distribuição da classificação de toxicidade dos princípios ativos de acordo com a nova classificação da ANVISA 51
Gráfico 5 – Área de plantio de aveia em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha) 64
Gráfico 6 – Área de plantio de milho em município da Bacia do Alto Ivaí (em ha) 65
Gráfico 7 – Área de plantio de feijão em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha) 66
Gráfico 8 – Área de plantio de soja em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha) 66
Gráfico 9 – Área de plantio de trigo em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha) 67
Gráfico 10 – Número de notificações por agrotóxicos municípios pertencentes a Bacia do Alto Ivaí - 2019 68

LISTA DE SIGLAS

ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
ANA	Agência Nacional das Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CERH/PR	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda biológica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
DT50água	Meia-vida na água
DT50solo	Meia-vida no solo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Esp	Especiação
ETA	Estação de Tratamento de Esgoto
FAO	Food and Agriculture Organization
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GUS	Groundwater Ubiquity Score
IAT	Instituto Água e Terra
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDR-PR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná
Kh	Constante da lei de Henry
Koc	Adsorção no solo
Kow	Coeficiente de partição octanol-água
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PRH	Plano de Recursos Hídricos
PV	Pressão de vapor
QUALIÁGUA	Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água
RNQA	Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais
S	Solubilidade dos pesticidas em água
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIAGRO	Software Integrado do Agronegócio
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e. Saneamento Ambiental
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 OBJETIVOS 17
2.1 Geral 17
2.2 Específicos 17
3 JUSTIFICATIVA 18
4 REVISÃO DE LITERATURA 20
4.1 Agrotóxicos, meio ambiente e saúde 20
4.1.1 Agrotóxicos em recursos hídricos no Brasil 24
4.1.2 Impacto dos agrotóxicos no ambiente 26
4.1.3 Impacto dos agrotóxicos na saúde humana 28
4.2 Legislação sobre qualidade da água envolvendo agrotóxicos no Brasil 29
4.3 Avaliação do potencial de contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos 31
4.3.1 Método de Goss 34
4.3.2 Critério de screening da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e o Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*) 34
5 MATERIAIS E MÉTODOS 36
5.1 Área de estudo 36
5.2 Identificação das principais culturas agrícolas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí 39
5.3 Diagnóstico e caracterização dos principais agrotóxicos comercializados e utilizados na região da Bacia do Alto Ivaí 40
5.4 Avaliação do potencial de contaminação por agrotóxicos de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí 41
5.5 Identificação dos municípios da Bacia do Alto Ivaí com maior risco de contaminação das águas por agrotóxicos 43
5.6 Elaboração da proposta de pontos prioritários para monitoramento de agrotóxicos na água Bacia do Alto Ivaí 44
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES 45
6.1 Principais culturas agrícolas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí 45

6.2 Principais agrotóxicos comercializados e utilizados na região da Bacia do Alto Ivaí....47
6.3 Potencial de contaminação por agrotóxicos de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí....52
6.3.1 Águas superficiais....52
6.3.2 Águas subterrâneas....54
6.4 Identificação dos Munícipios pertencentes a Bacia do Alto Ivaí com maior risco de contaminação por agrotóxicos....58
6.5 Relatório técnico constando as informações e resultados obtidos...71
7 PRODUTO....72
8 CONCLUSÃO....73
REFERÊNCIAS....74
APÊNDICE A – Total de área plantada em hectares, na região da bacia do Alto Ivaí....81
APÊNDICE B – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na bacia do Alto Ivaí....84
APÊNDICE C – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na bacia do Alto Ivaí....89
APÊNDICE D – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na bacia do Alto Ivaí....94

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de agrotóxicos são a segunda principal fonte de contaminação dos cursos de água, atrás apenas do esgoto sanitário (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, ficando em sétimo lugar, com US$ 137 por hectare (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2019).

De acordo com dados nacionais emitidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a venda de agrotóxicos no Brasil vem crescendo ao longo dos anos. Segundo o último relatório, de 2018, as vendas anuais de agrotóxicos no Brasil no ano de 2000 foram de 162.461,958 toneladas, chegando a 549.280,44 toneladas no ano de 2018, ou seja, durante o período de 18 anos, houve um aumento de aproximadamente 250% no consumo de agrotóxicos. Com este aumento, o risco da presença de agrotóxicos nas águas passa a ser uma preocupação crescente no país, pois os mesmos causam danos aos ecossistemas e consequentemente a saúde da população (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

De acordo com Habib (2012), grande parte dos agrotóxicos aplicados na lavoura não atingem a praga alvo e acabam sendo carreados para os rios, solos, ar e até águas subterrâneas.

Dessa forma, percebe-se que a contaminação da água por agrotóxicos pode decorrer por diferentes fontes, podendo ser pontuais ou não pontuais, sendo a agricultura apontada como a sua maior contribuinte. Os agrotóxicos podem alcançar os ambientes aquáticos de diferentes formas, podendo ser: aplicação intencional, pulverização aérea, deriva ou por meio de escoamento superficial, infiltração no solo lixiviação, podendo atingir até as águas subterrâneas. De qualquer forma, a contaminação da água causada por agrotóxicos, afeta toda a cadeia alimentar, direta ou indiretamente. Além disso, os agrotóxicos aplicados nas culturas podem persistir por vários anos no solo, podendo também alcançar os mananciais superficiais e subterrâneos (MENEZES; HELLER, 2005).

Segundo Tundisi e Shaskraba (1999), os ambientes aquáticos sofrem todos os impactos das atividades antropogênicas ao longo da bacia, ou seja, quando há aplicação de agrotóxicos nas culturas desenvolvidas na região da bacia hidrográfica,

o mesmo entrará em contato com ambientes aquáticos e, dependendo das características físico-químicas, esses resíduos de agrotóxicos podem se ligar ao material particulado em suspensão ou ainda se depositar no sedimento de fundo ou ser absorvido por organismos aquáticos para serem destoxificados ou acumulados, dentre outras diversas formas (SILVA; SANTOS, 2007).

Danos causados por resíduos de agrotóxicos à saúde humana já são conhecidos, como por exemplo: aumento no caso de suicídios, câncer, má formação fetal, tumores mamários, dentre outros (LONDRES, 2011). Além disso, danos ao meio ambiente, como: desregulação endócrina; teratologias diversas; comprometimento da função hepática; neoplasias diversas; intoxicação dos animais aquáticos; alterações na composição de espécies; mudança em indicadores estruturais; perda de serviços ecossistêmicos, entre outros. Tais danos causados acabam comprometendo o ciclo de vida dos animais, bem como biomagnificação de resíduos de agrotóxicos ao longo da cadeia alimentar (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2004).

O excesso de aplicação de agrotóxicos no solo, e de forma inadequada, pode comprometer a qualidade do mesmo, tornando-o pobre em substâncias necessárias para produção de alimentos. Além disso, alguns legumes, hortaliças e frutas analisados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) apresentam traços de presença de agrotóxicos em sua composição, ou seja, uma vez aplicado o mesmo pode interferir tanto na fauna como na flora, bem como na saúde humana, atingindo toda a cadeia alimentar (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2020).

Mesmo com o aumento no consumo de agrotóxicos e o potencial risco associado à sua presença no ambiente, no Brasil o monitoramento destes elementos em água ainda é precário e o custo de detecção é elevado, pois demanda pessoal especializado para realizar desde a coleta até as análises, e muitas metodologias demandam equipamentos específicos, os quais são caros e são poucos os laboratórios credenciados para realizar estes testes (MENEZES; HELLER, 2005).

Sendo assim, percebe-se que a identificação e priorização de locais para monitoramento de resíduos de agrotóxicos, em bacias hidrográficas, é um instrumento básico e fundamental para que os gestores tomem medidas de controle que sejam eficazes para garantir a qualidade da água, e por consequência garantir a saúde da população e a proteção do meio ambiente.

Os únicos órgãos que atualmente desempenham este papel no Brasil são as concessionárias de abastecimento público e secretarias de saúde, e mesmo assim, os dados monitorados são insuficientes para o gerenciamento destes resíduos, pois não contemplam todo o território nacional, sendo monitorados apenas 27 dos mais de 600 princípios ativos autorizados pelo governo brasileiro (JÚNIOR OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Além disso, a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA), criada para monitorar a qualidade das águas do território nacional, contempla apenas parâmetros mínimos da qualidade da água, como físico-químicos: condutividade elétrica, temperatura da água, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, sólidos, alcalinidade total, cloreto total, transparência, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e carbono orgânico total; microbiológicos: coliformes termotolerantes; biológicos: clorofila a e fitoplâncton; e nutrientes: fósforo e nitrogênio, ou seja, não contempla os resíduos de agrotóxicos.

Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar qualitativamente o potencial de contaminação por agrotóxicos das águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí localizada no estado do Paraná, e elaborar um relatório técnico identificando e propondo municípios prioritários, pertencentes a bacia, para realização do monitoramento de resíduos de agrotóxicos na água.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar qualitativamente o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos na Bacia do Alto Ivaí identificando municípios prioritários para monitoramento de resíduos de agrotóxicos em água ao longo da bacia.

2.2 Específicos

a) Realizar levantamento das principais culturas agrícolas e agrotóxicos utilizados na área da bacia hidrográfica do Alto Ivaí;
b) Avaliar qualitativamente o potencial de contaminação por agrotóxicos de águas superficiais e subterrâneas;
c) Identificar os municípios com maior potencial de risco de contaminação da água por agrotóxicos;
d) Propor municípios prioritários, na bacia em estudo, para o monitoramento de agrotóxicos na água;
e) Elaborar um relatório técnico constando as informações e resultados obtidos.

3 JUSTIFICATIVA

Com o aumento de consumo de agrotóxicos no Brasil, a liberação de mais de 600 princípios ativos de agrotóxicos até o ano de 2020 e o potencial risco que alguns princípios ativos causam a saúde pública e ao meio ambiente, é de suma importância que se faça um monitoramento e gerenciamento destes resíduos na água, uma vez que esta é um meio propagador de contaminação e pode afetar toda a cadeia alimentar (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2020).

Porém, a contaminação por agrotóxicos e o monitoramento destes resíduos em água no Brasil é algo ainda pouco explorado e ineficiente. Atualmente os sistemas de monitoramento da qualidade de água no Brasil são: Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA), concessionárias de abastecimento público, secretarias de saúde e concessionárias de usinas hidrelétricas, as quais compõe o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019).

Aliado a falta de monitoramento, muitas estações de tratamento de água no Brasil são do tipo convencional ou simplificado, as quais possuem baixa eficiência de remoção de agrotóxicos, e nas áreas rurais, onde o abastecimento em grande parte é realizado por poços, o consumo é feito sem qualquer tipo de tratamento.

Dessa forma, a inclusão dos resíduos de agrotóxicos como parâmetros de qualidade da água em redes de monitoramento é fundamental, uma vez que esses dados servirão de base aos órgãos gestores das bacias hidrográficas na tomada de decisões.

Entretanto, primeiramente faz-se necessário a escolha de pontos prioritários para o monitoramento, sendo assim, a avaliação de locais com potencial risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, serve como ferramenta para priorização de locais estratégicos, a fim de escolher-se pontos mais assertivos e economizar custos desnecessários na instalação de estações de monitoramento ineficazes.

Este trabalho utilizou como base uma pesquisa exploratória de caráter qualitativo, pois a falta de dados quantitativos a respeito de agrotóxicos em água na Bacia do Alto Ivaí, bem como em outras localidades, é precária, não sendo possível avaliar de forma quantitativa o grau de contaminação por agrotóxicos na água.

Sendo assim, a Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, localizada no Estado do Paraná, foi utilizada como objeto de estudo pois a mesma abrange 58 municípios paranaenses, contemplando 1.471.818 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010), e tem como principal atividade econômica a agropecuária, sendo as principais culturas na região a soja, trigo e milho. Além disso, na área da bacia encontram-se grandes cooperativas agrícolas e agroindústrias.

Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, na Bacia do Alto Ivaí há um grande potencial de contaminação das águas por escoamento superficial agrícola, uma vez que o setor é o maior usuário de água na bacia, correspondendo a 39%, seguido pelo abastecimento público com 26% (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2013). Dessa forma a intensa atividade agrícola na bacia, torna os mananciais superficiais ou subterrâneos suscetíveis à contaminação pelo remanescente dos resíduos de agrotóxicos aplicados nas lavouras.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Agrotóxicos, meio ambiente e saúde

No Brasil, os agrotóxicos estão sujeitos às disposições da Lei Federal nº 7.802/89, que se encontra regulamentada pelo Decreto nº 4074/02. De acordo com essa lei, os agrotóxicos são definidos como:

> Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como, as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 1989, p.1)

No último relatório apresentado pelo IBAMA, em 2018, o Brasil consumiu 549.280,44 toneladas de agrotóxicos, dentre eles os mais comercializados foram o glifosato, 2,4-D e mancozebe (Tabela 1).

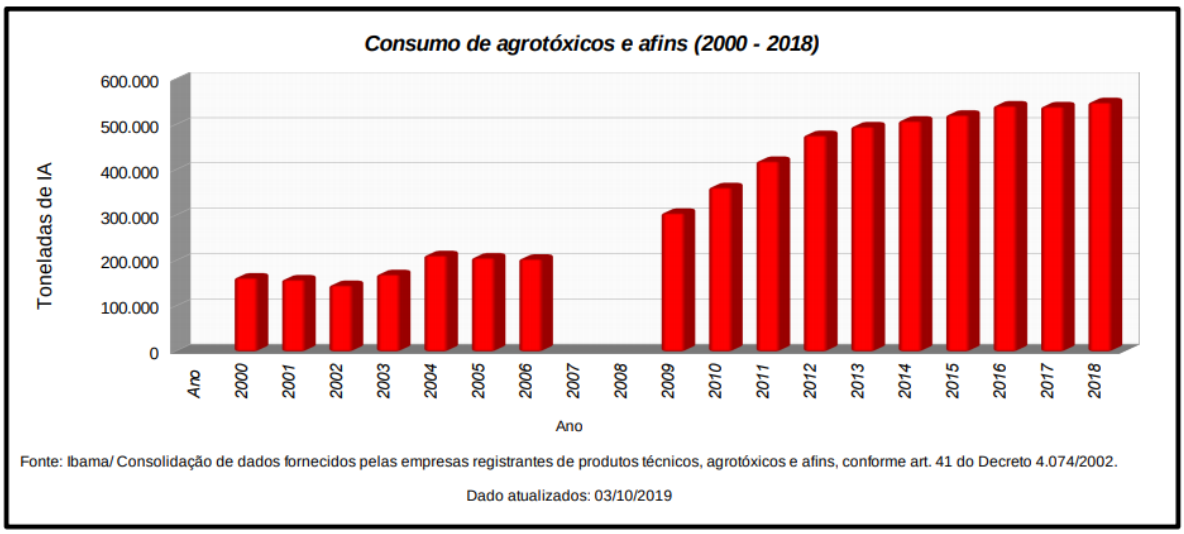
Tabela 1 – Os 10 ingredientes ativos mais vendidos no ano de 2018

Princípio ativo (IA)	Vendas (t IA)[1]	*Ranking*
Glifosato e seus sais	195.056,02	1º
2,4-D	48.921,25	2º
Mancozebe	40.549,92	3º
Atrazina	28.799,34	4º
Acefato	24.656,79	5º
Dicloreto de paraquate	13.199,97	6º
Enxofre	10.409,69	7º
Imidacloprido	10.021,22	8º
Óleo mineral	9.112,53	9º
Oxicloreto de cobre	8.018,65	10º

Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE (2018).
Nota: [1]Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto n° 4.074/2002

Ainda de acordo com dados divulgados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (2018), as vendas anuais de agrotóxicos no Brasil entre os anos de 2000 (162.461,958 toneladas) e 2018 (549.280,440 toneladas) aumentaram em 250%, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição do consumo de agrotóxicos e afins entre os anos de 2000 a 2018



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE (2019).

Em relação à comercialização por estados brasileiros, os que mais consumiram agrotóxicos no ano de 2018 foram Mato Grosso (98.818 t) seguido por São Paulo (81.494 t), Rio Grande do Sul (64.069 t) e Paraná (58.769 t) (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

Os agrotóxicos são classificados de diferentes formas: de acordo com sua toxicidade, ação do produto químico ou periculosidade ambiental.

Quanto à periculosidade ambiental dos agrotóxicos, a Portaria Normativa Nº 84/1996 do IBAMA classifica os agrotóxicos como (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE, 1996):

- Classe I – produto altamente perigoso ao meio ambiente;
- Classe II – produto muito perigoso ao meio ambiente;
- Classe III – produto perigoso ao meio ambiente;
- Classe IV – produto pouco perigoso ao meio ambiente.

A partir dos dados disponibilizados pelo IBAMA, dos agrotóxicos utilizados em 2018: 1,24% pertencem à Classe I; 34,18% pertencem a Classe II; 62,00% pertencem a Classe III e apenas 2,94% pertencem a Classe IV, ou seja, 97,42% dos agrotóxicos utilizados no Brasil apresentam periculosidade ao ambiente, e consequentemente aos seres humanos (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), os agrotóxicos podem ser divididos em grupos de acordo com sua ação (FLAESCHEN, 2009), sendo:

1) Inseticidas

O grupo denominado como inseticidas possuem ação de combate a insetos, larvas e formigas. Este grupo se divide em quatro grupos distintos: organofosforados; carbamatos; organoclorados; piretróides.

2) Fungicidas

O grupo denominado como fungicidas é aquele que combate fungos. Os principais grupos químicos são: Etileno-bis-ditiocarbonatos; trifenil estânico; captan; Hexaclorobenzeno.

3) Herbicidas

O grupo denominado herbicida é aquele que combate ervas daninhas.

Já a classificação de toxicidade dos agrotóxicos é determinada pela ANVISA por meio da Resolução RE nº 2080/2019 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2019a), que atualiza e torna mais claros os critérios de avaliação e de classificação toxicológica dos produtos no Brasil, sendo assim, neste novo marco regulatório os agrotóxicos são classificados em seis classes distintas em função da toxicidade aguda, com base nos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS*). A classificação é associada a uma cor da faixa no rótulo do produto, sendo elas:

- **Categoria 1:** Produto Extremamente Tóxico – faixa vermelha.
- **Categoria 2:** Produto Altamente Tóxico – faixa vermelha.
- **Categoria 3:** Produto Moderadamente Tóxico – faixa amarela.
- **Categoria 4:** Produto Pouco Tóxico – faixa azul.
- **Categoria 5:** Produto Improvável de Causar Dano Agudo – faixa azul.
- **Não Classificado** – Produto Não Classificado – faixa verde.

No Quadro 1, são apresentadas as novas categorias de classificação dos agrotóxicos em razão do risco toxicológico estabelecidos pela ANVISA.

Quadro 1 – Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo Anvisa

Categoria		Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5	Não classificado
Nome da categoria		Extremamente Tóxico	Altamente Tóxico	Moderadamente tóxico	Pouco tóxico	Improvável de Causar Dano Agudo	Não classificado
Via de exposição Oral (mg/kg p.c.)		≤ 5	>5 - 50	>50 – 300	>300 - 2000	>2000 - 5000	> 5000
Via de exposição Cutânea (mg/kg p.c.)		≤ 50	>50 - 200	>200 - 1000	>1000 - 2000	>2000 - 5000	> 5000
Via de exposição Inalatória	Gases (ppm/V)	≤ 100	>100 - 500	>500 - 2500	>2500 - 20000	>20000	
	Vapores (mg/L)	≤ 0,5	> 0,5 - ≤ 2,0	>2,0 - ≤ 10	> 10 ≤ 20	> 20	
	Produtos sólidos e líquidos (mg/L)	≤ 0,05	>0,05 - 0,5	>0,5 - 1,0	>1,0- 5,0	> 5,0	

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (2019a).

Além disso, o novo marco regulatório prevê que a classificação toxicológica deve ser determinada com base nos seus componentes, nas suas impurezas ou em outros produtos similares. Para cada categoria, haverá a indicação de danos em caso de contato com a boca (oral), pele (dérmico) e nariz (inalatória), conforme apresentado no Quadro 2 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2019a).

Quadro 2 – Classes Toxicológicas do GHS

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NÃO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL DE CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
CLASSE DE PERIGO						
Oral	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
Dérmica	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
Inalatória	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
COR DA FAIXA	Vermelho PMS Red 199 C	Vermelho PMS Red 199 C	Amarelo PMS Yellow C	Azul PMS Blue 293 C	Azul PMS Blue 293 C	Verde PMS Green 347 C

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (2019a).

4.1.1 Agrotóxicos em recursos hídricos no Brasil

Atualmente no Brasil, os cursos de água são divididos em diferentes classes de acordo com seu uso e a qualidade da água, este enquadramento é realizado conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas superficiais, e Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005; CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008).

Tais resoluções de enquadramento preveem que, as fontes de poluição presentes no curso de água devem ser analisadas, ou seja, caso haja suspeita de contaminação por resíduos de agrotóxicos, estes devem ser analisados e monitorados.

Atualmente os sistemas de monitoramento da qualidade de água no Brasil são: Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA), concessionárias de abastecimento público, secretarias de saúde e concessionárias de usinas hidrelétricas, as quais compõe o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019). Porém no que se refere ao monitoramento de agrotóxicos em corpos d'água, apenas parte dos responsáveis pela operação do sistema de abastecimento de água, e pelas secretarias de saúde, realizam estas análises, e a sua inclusão em outros planos de monitoramento como RNQA realizado pela ANA, não é feito.

O Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SisÁgua), do Ministério da Saúde realiza semestralmente resíduos de agrotóxicos em águas de abastecimento, porém esta base de dados não contempla todos princípios ativos utilizados no Brasil, não é realizado em todos os Munícipios do País, muitos resultados são comprometidos devido logística adotada para amostragem, entre outros problemas encontrados que prejudicam a base de dados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Aliado a isso, a água utilizada para outros usos múltiplos como irrigação, piscicultura, recreação, proteção da comunidade aquática, além das águas subterrâneas, não tem sido monitorado em relação aos resíduos de agrotóxicos, o que é preocupante, pois caso haja contaminação das águas por estes resíduos, toda a cadeia trófica pode ser afetada.

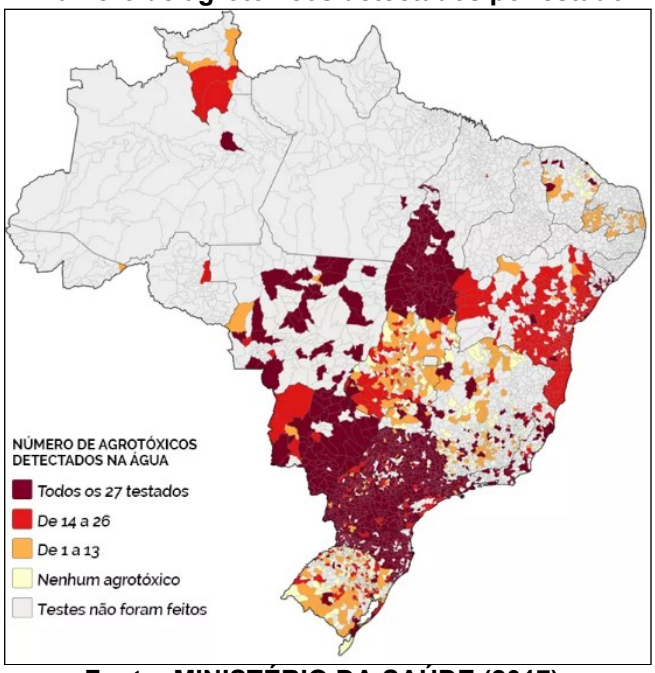
Por meio dos dados obtidos pelo SisÁgua, entre os anos de 2014 e 2017, verificou-se que o número de contaminações na água de abastecimento público

aumentou. No ano de 2014 eram 75% e em 2017 o número subiu para 92%. Além disso, dos 5.570 municípios brasileiros, 2.931 não realizaram testes nesse período, ou seja, o banco de dados do SisÁgua é insuficiente para se ter um real panorama sobre os resíduos de agrotóxicos em água para consumo no Brasil.

Outro problema identificado nas avaliações realizadas pelo SisÁgua é que apenas 27 princípios ativos são avaliados, sendo que no Brasil estão liberados mais de 600 princípios ativos pela ANVISA e ainda assim, os 27 avaliados foram detectados em água pelo SisÁgua, e destes 27, 16 eram classificados pela ANVISA como extremamente ou altamente tóxicos e 11 estariam associados ao desenvolvimento de doenças crônicas como câncer, malformação fetal, disfunções hormonais e reprodutivas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2018). Além disso, desses 27 agrotóxicos, 21 são proibidos na União Europeia devido aos riscos que oferecem à saúde e ao meio ambiente.

Na Figura 2 é possível verificar a quantidade de agrotóxicos detectados por estado no Brasil, com base nesse levantamento pontual e restrito a 27 produtos. Diante deste cenário, verifica-se a necessidade de realizar o monitoramento de resíduos de agrotóxicos em cursos de água, não apenas para água de abastecimento público.

Figura 2 – Número de agrotóxicos detectados por estado no Brasil



Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2017).

O monitoramento destes resíduos em cursos de água é ainda precário, e o monitoramento é a etapa inicial para melhorar a segurança hídrica no país e também garantir a qualidade da água para os diversos usos múltiplos determinados pela legislação brasileira. Além disso, o monitoramento destes resíduos de agrotóxicos em água é uma forma de atendimento ao ODS nº 6 proposto pela ONU, o qual tem como meta nº 6.3 reduzir a poluição por produtos químicos na água, garantindo a qualidade da mesma.

Sendo assim, é de suma importância que estes parâmetros de monitoramento de agrotóxicos em água façam parte do RNQA.

4.1.2 Impacto dos agrotóxicos no ambiente

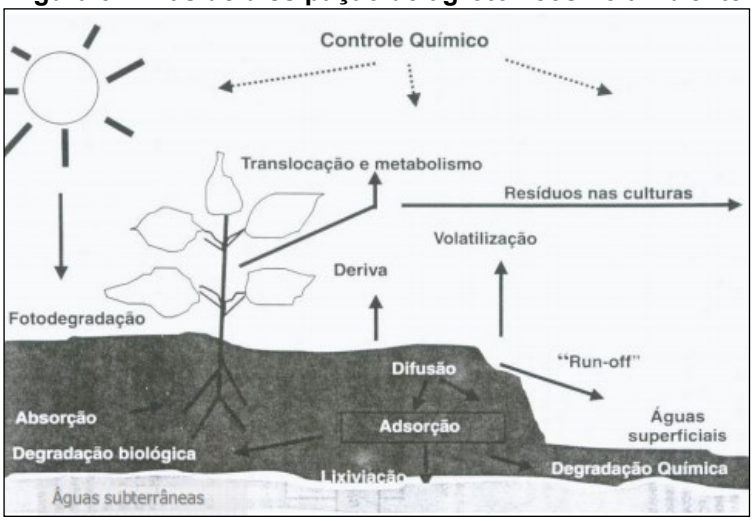
A utilização desordenada e inadequada dos agrotóxicos tem causado consequências adversas ao meio ambiente, dentre elas a grande preocupação é em relação à contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos.

É importante salientar que o comportamento e persistência do agrotóxico no ambiente depende do conhecimento das suas propriedades físicas e químicas, bem como das características de sua aplicação, das culturas agrícolas, do ambiente e de condições climáticas. Além disso, as características dos agrotóxicos, sozinhos ou associados com outras substâncias, podem conferir a eles alto grau de persistência, toxicidade e bioacumulação ((LUCHINI; ANDRÉA, 2002).

Na Figura 3, pode-se observar as principais vias de dissipação de agrotóxicos no ambiente.

Como mostrado na Figura 3, quando o agrotóxico é carreado para o solo o mesmo pode causar impactos negativos ao ambiente, como a seleção de organismos, ampliando o desequilíbrio e resultando em maiores prejuízos ambientais, podendo também ser caminho para contaminação de águas subterrâneas. Já a contaminação do ar por agrotóxicos ocorre pela deriva dos mesmos, a qual poderá atingir fauna e flora que não são alvo da utilização. E ainda, os agrotóxicos podem chegar até os corpos de água, podendo alterar a biota, selecionando espécies mais resistentes, acumulando compostos químicos nocivos por toda a cadeia trófica (biomagnificação), a qual pode persistir por anos (PARANÁ, 2018).

Figura 3 – Vias de dissipação de agrotóxicos no ambiente



Fonte: Luchini [1](1987) *apud* LUCHINI; ANDRÉA (2002).

A presença de agrotóxicos em ambiente aquático é ainda mais grave pois animais como os peixes e invertebrados podem acumular os agrotóxicos em concentrações muito acima do que são encontradas nas águas, devido a capacidade dos agrotóxicos se ligarem a células de gordura (NIMMO, 1985).

A literatura mostra facilmente que essa acumulação de agrotóxicos em animais aquáticos pode trazer inúmeros problemas no desenvolvido dos mesmos e dependendo da composição do agrotóxico e o tempo de exposição, ocorrem desde problemas no sistema nervoso bem como no sistema reprodutivo, tudo isso pode culminar em uma desorganização da comunidade e dos processos ecossistêmicos locais.

Outro problema identificado no ambiente aquático é a mistura de diferentes compostos de agrotóxicos no ambiente aquático, existem dados de pesquisas como os obtidos por Marking (1985), que identificaram que a mistura de pesticidas organofosforados aumentou a toxicidade quando foram comparados os resultados de aplicações individuais.

Outro fator que interfere diretamente na presença de agrotóxicos no ambiente é a precipitação intensa, principalmente quando ocorrida depois de aplicação de agrotóxicos em áreas próximas, o que pode aumentar a probabilidade de concentrações altas de agrotóxicos na água (DEUBERT, 1990).

---

[1] LUCHINI, L. C. **Adsorção-dessorção dos herbicidas paraquat, diuron e 2,4-D em seis solos brasileiros**. Piracicaba, 1987. 97p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1987.

Ainda, é importante lembrar que a análise de agrotóxicos em água, nem sempre é eficiente, pois estes resíduos podem estar adsorvidos aos sedimentos em suspensão e de fundo ou então serem absorvidos pelos animais aquáticos. Segundo D'Amato, Torres e Malm (2002), resultados tidos como "não detectável" podem ser devido a procedimentos inadequados de análise e/ou amostragem, e os valores associados a sedimentos podem ser, em geral, muito maiores do que os registrados e valores ditos "não detectáveis", podemos dizer que as análises são como fotografias momentâneas e não evidenciam a continuidade, pois quando falamos em contaminação por agrotóxicos, pode ter uma grande contaminação entremeados por períodos de espera, por é de suma importância que seja associado a detecção de químicos por meio de bioindicadores e também na análise de sedimentos, desta forma sim será um resultado eficaz e confiável.

A maneira mais eficaz para monitoramento de agrotóxicos em água seria o conjunto de análises em amostras de água, sedimentos e biota.

4.1.3 Impacto dos agrotóxicos na saúde humana

Segundo o Ministério da Saúde (2017), a exposição da população a agrotóxicos está relacionada com diversos efeitos sobre a saúde humana, podendo ser:

- Alterações subclínicas;
- Intoxicação aguda e/ou crônica, podendo ser fatal;
- Manifestações em diversos aparelhos e sistemas: sistema nervoso, respiratório, cardiovascular, gastrintestinal, geniturinário, hematológico, endócrino, imunológico, bem como danos na pele, olhos, entre outros;
- Efeitos gerais como problemas neurocomportamentais, genéticos e câncer.

As intoxicações causadas pelos agrotóxicos podem ocorrer quando há exposição a uma ou mais substâncias tóxicas, podendo ser:

- Exposição intencional: tentativa de suicídio, de homicídio, de abortamento;
- Acidental: reutilização de embalagens, fácil acesso das crianças a produtos;
- Ocupacional: no exercício da atividade de trabalho;

- Ambiental: água, ar e solo contaminados, proximidade de áreas pulverizadas e cadeia trófica.

No Quadro 3 são apresentados os sintomas de intoxicação aguda e crônica dos principais grupos químicos de agrotóxicos na saúde humana.

Quadro 3 – Classificação e efeitos e/ou sintomas agudos e críticos dos principais agrotóxicos

Praga que controla	Grupo Químico	Sintomas de intoxicação aguda	Sintomas de intoxicação crônica
Inseticidas	Organofosforados e carbamatos	Fraqueza, cólicas abdominais, vômitos, espasmos musculares e convulsões	Efeit-os neurotóxicos retardados, alterações cromossomiais e dermatites de contato
	Organoclorados	Náuseas, vômitos, contrações musculares involuntárias	Lesões hepáticas, arritimias cardíacas, lesões renais e neuropatias periféricas
Inseticidas	Piretroides sintéticos	Irritações das conjuntivas, espirros, excitação, convulsões	Alergias, asma, irritações nas mucosas, hipersensibilidade
Fungicidas	Ditiocarbamatos	Tonteiras, vômitos, tremores musculares, dor de cabeça	Alergia respiratórias, dermatites, doença de Parkinson, canceres
	Fentalamidas	-	Teratogêneses
Herbicidas	Dinitroferóis e pentaciclorofenol	Dificuldade respiratória, hipertermia, convulsões	Cânceres, cloroacnes
	Fenoxiacéticos	Perda de apetite, enjoo, vômitos, fasciculação muscular	Indução da produção de enzimas hepáticas, cânceres, teratogeneses
	Dipiridilos	Sangramento nasal, fraqueza, desmaios, conjuntivites	Lesões hepáticas, dermatites de contato, fibrose pulmonar

Fonte: ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (1997).

4.2 Legislação sobre qualidade da água envolvendo agrotóxicos no Brasil

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), o objetivo do enquadramento dos corpos d'água é estabelecer o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo. Além disso, o enquadramento deve ser visto como instrumento de planejamento, pois serve de referência para outros instrumentos como outorga, cobrança e gestão ambiental (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019).

No Brasil é adotado o enquadramento por classes de qualidade, este sistema faz com que os padrões de qualidade estabelecidos para cada classe sejam formados pelos padrões mais restritivos dentre todos os usos contemplados naquela classe.

A Resolução CONAMA 357/2005, no Brasil, é o principal instrumento da legislação brasileira sobre a qualidade das águas superficiais e classifica as águas

doces em: “Classe Especial” e Classes 1, 2, 3 e 4; e as águas salinas e salobras em: “Classe Especial” e Classes 1, 2 e 3. Já o enquadramento das águas subterrâneas é estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008. Além disso, existe a Resolução nº 91 de 5 de novembro de 2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos (CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2008).

O processo de enquadramento é dividido em quatro etapas principais: diagnóstico da bacia; prognóstico da bacia; elaboração da proposta de enquadramento; análise e deliberações do Comitê da Bacia, audiência pública e aprovação pelo Conselho de Recursos Hídricos (estadual ou nacional).

Sendo assim, na fase de diagnóstico, deve ser realizada a identificação dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade da água nos cursos d’água pertencentes à bacia a fim de enquadrá-los em classes. Para isso, é preciso estabelecer dentre os vários parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005 ou Resolução CONAMA nº 396/2008, aqueles considerados prioritários, pois de acordo com as resoluções de enquadramento, não é necessária a realização da análise de todos os parâmetros listados, mas sim daqueles que possuem fontes significativas na bacia e que podem afetar os usos pretendidos (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2019).

Uma vez determinados os parâmetros críticos, os mesmos são analisados e os resultados obtidos são comparados de acordo com a legislação pertinente, para definição do enquadramento do recurso hídrico. Este enquadramento servirá de base para elaboração do Plano de Recursos Hídricos (PRH) da bacia. Além disso, de acordo com a Resolução CNRH nº 91/2008 estes parâmetros definidos como prioritários, devem ser monitorados a fim de garantir a qualidade da água e avaliação da melhoria da qualidade das águas dos corpos hídricos enquadrados ao longo do tempo.

Sendo assim, a Resolução ANA nº 903/2013 padroniza critérios e métodos de monitoramento de qualidade de água no país, e cria a RNQA, onde os dados obtidos são divulgados para toda sociedade através do Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIÁGUA.

Além da RNQA, existe o SNIRH, o qual tem como objetivo reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e

quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2013).

Entretanto, a RNQA e o SNIRH possuem monitoramento de parâmetros mínimos da qualidade da água. O CONAMA estabelece que dependendo das fontes poluidoras em torno do curso de água, outros parâmetros deverão ser considerados, como por exemplo os resíduos de agrotóxicos, considerados poluentes que tem como características a persistência no ambiente, o fato de se acumularem nos tecidos gordurosos dos seres vivos e possuírem toxicidade aguda e crônica mesmo em baixas concentrações (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2013).

4.3 Avaliação do potencial de contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos

> Os processos envolvidos no destino ambiental dos agrotóxicos dependem de suas propriedades físico-químicas e forma de aplicação, características do solo e condições ambientais. Dentre estes processos estão a lixiviação, escoamento superficial, sorção, degradação química e biológica e volatilização. A lixiviação é o transporte do agrotóxico pelo perfil do solo e, dependendo principalmente da umidade e porosidade do solo, pode levar à contaminação do lençol freático. O escoamento superficial pode contaminar reservatórios, lagos e rios, e expor os organismos aquáticos a níveis de agrotóxicos que podem ser tóxicos a várias espécies (REBELO; CALDAS, 2014).

Sendo assim, os agrotóxicos quando aplicados na agricultura, podem atingir as águas superficiais e subterrâneas, seja através do seu transporte dissolvido em água, seja pelo transporte associado ao sedimento em suspensão ou por meio da lixiviação e incorporação ao solo atingindo o lençol freático.

Desta forma, é muito importante realizar avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos.

Sobre a contaminação da água por agrotóxicos é importante destacar que alguns fatores importantes podem interferir na determinação da mobilidade dos agrotóxicos no solo, como citados por Menezes (2006):

- Solubilidade em água: porção do princípio ativo de agrotóxico que se dissolve na água, ou seja, indica a tendência do agrotóxico em ser carreado superficialmente no solo atingindo as águas superficiais e subterrâneas,

sendo um dos parâmetros mais importante. É definida como a quantidade máxima de composto que se dissolve em água pura a uma determinada temperatura (FÉLIX; NAVICKIENE; DOREA, 2007);

- Meia-vida no solo (DT_{50solo}): período de tempo em que metade da quantidade do princípio ativo de agrotóxico se degrada no solo. A degradabilidade do composto é muito variável, podendo ser de dias, meses ou anos. Além disso, valores de meia-vida são extremamente importantes, para o entendimento do impacto ambiental causado por um determinado princípio ativo. Os princípios ativos cuja meia vida no solo é relativamente alta e o coeficiente de sorção no solo é relativamente baixo, ou com alta solubilidade em água, são classificados como poluentes lixiviantes por causa do valor do índice de GUS temperatura (FÉLIX; NAVICKIENE; DOREA, 2007);
- Meia-vida na água ($DT_{50água}$): período de tempo em que metade da quantidade do princípio ativo de agrotóxico se degrada na água;
- Adsorção no solo (K_{OC}): o coeficiente de adsorção representa a concentração do ingrediente ativo em estado de sorção, ou seja, aderido às partículas do solo e na fase de solução (dissolvido na água) indicando a concentração do poluente no solo. Princípios ativos com valores pequenos de Koc são mais propensos a serem lixiviados do que aquele com maior Koc. Devido à alta variação em escala o Koc é expresso em logaritmo de Koc (log Koc) (FÉLIX; NAVICKIENE; DOREA, 2007);
- Constante da lei de Henry (Kh): indica o grau de volatilidade de um princípio ativo em uma solução, levando em conta a massa molecular, a solubilidade e a pressão de vapor, sendo é expressa em $Pa.m^3.mol^{-1}$ ou em $atm.m^3.mol^{-1}$. A constante da lei de Henry vai definir a tendência de um princípio ativo em volatilizar da solução para o ar, pois quanto mais alto o valor para esta constante maior a volatilidade (LYMAN; REEHL; ROSENBLAT., 1982).
- Pressão de vapor (PV): potencial do princípio ativo de agrotóxico permanecer no solo, ser levado pela água ou evaporado para a atmosfera, quanto maior a pressão de vapor, maior a tendência do contaminante estar no estado gasoso. A PV, pode variar de acordo com temperatura, sendo expressa por meio de unidades como: mili-Pascal (mPa), milímetros de

mercúrio (mmHg), quantidade por metro quadrado (psi) e atmosfera (atm) (FÉLIX; NAVICKIENE; DOREA, 2007, p. 51);

Bem como fatores climáticos e características locais como:

- Tempo e quantidade de água de chuva (ou irrigação);
- Topografia do local;
- Textura do solo;
- Conteúdo de água no solo;
- Erodibilidade da área tratada com agrotóxico;
- Teor de matéria orgânica no solo.

Ou seja, os agrotóxicos ao serem aplicados na agricultura, podem atingir as águas superficiais por meio de seu transporte dissolvido em água e/ou pelo transporte junto ao sedimento em suspensão.

A alta solubilidade em água indica tendência do composto a ser removido do solo, portanto estes compostos possuem maior probabilidade de serem carreados pela chuva ou água de irrigação e atingirem os corpos d'água, porém quando existe solubilidade em água elevada e baixa mobilidade no solo, isto não implica em maior mobilidade no solo, ou seja, haverá dificuldade de carrear esses princípios ativos para a água. A constante da lei de Henry (Kh) e a pressão de vapor (PV) são parâmetros relacionados à volatilidade dos princípios ativos de agrotóxicos, indica a distribuição da espécie entre a fase líquida e a fase gasosa, dependendo da temperatura e define a taxa de concentração de equilíbrio entre a água e o ar, respectivamente. Sendo assim princípios ativos com Kh menores que 10^{-5} $Pa.m^3.mol^{-1}$ possuem baixa volatilidade (MILHOME *et al.*, 2009).

Parâmetros como coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc) e meia-vida (DT_{50}) são pouco citados na literatura por serem dependentes de fatores ambientais, tais como tipo de solo, clima entre outros. O valor de Koc indica o potencial de mobilidade no solo, ao passo que a meia-vida revela a estabilidade do composto sob determinadas condições. Pesticidas com Koc abaixo de 50 são considerados de alta mobilidade; valores entre 150-500 são moderadamente móveis e, acima de 2.000, possuem baixa mobilidade no solo (BARCELÓ; HENNION, 1997).

Porém, esses parâmetros isolados não podem ser seguramente o verdadeiro potencial contaminante dos princípios ativos dos agrotóxicos, por isso é necessária a avaliação das suas propriedades em conjunto por meio da aplicação dos métodos de

análise de risco, como dos algoritmos de GOSS que consideram: o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc), a meia-vida no solo (DT_{50}) e a solubilidade em água a 20 ºC para contaminação de águas superficiais e o método *screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e o Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*) para avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas o qual utiliza dados das propriedades físico-químicas dos princípios ativos dos agrotóxicos, tais como: da meia-vida do composto no solo (DT_{50solo}) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}) de cada agrotóxico. Foram estes os métodos aplicados nesta pesquisa para realizar a avaliação qualitativa do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos a Bacia do Alto Ivaí.

4.3.1 Método de Goss

O Método de Goss[2] (1992) *apud* Dores; De-Lamonica-Freire (2001) é utilizado para avaliar o potencial de contaminação das águas superficiais.

Neste método os agrotóxicos são classificados em alto e baixo potencial de contaminação em função do transporte associado aos sedimentos ou dissolvidos em água. Além disso, para substâncias que não se enquadram em nenhum dos critérios citados, utiliza-se uma terceira classificação, ou seja, estes agrotóxicos são considerados potencial intermediário de contaminação para águas superficiais (MARQUES, 2005).

4.3.2 Critério de screening da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e o Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*)

Já para a verificação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos uma das metodologias que pode ser aplicada é o uso do critério de *screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e o Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*), o qual estima a contaminação a partir da meia-vida do composto no solo (DT_{50solo}) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}) de cada agrotóxico (GUSTAFSON, 1989), onde:

[2] GOSS, D. W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. **Weed Technology**, v. 6, n. 3, p. 701-708, 1992.

a) Critério de *scrrening* da USEPA considera:

- Solubilidade dos pesticidas em água (S) > 30 $mg.L^{-1}$
- Coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}) < 300–500 $mL.g^{-1}$
- Constante da Lei de Henry (K_H) < 10^{-2} $Pa.m^3.mol^{-1}$
- Especiação (Esp): negativamente carregado a pH normal do ambiente (5 a 8)
- Meia-vida no solo > 14 a 21 dias
- Meia-vida na água > 175 dias

Dessa forma, conforme essas propriedades, os agrotóxicos que se enquadram nesses critérios são considerados de alto potencial contaminante.

Ainda, diferentes condições ambientais favorecem a lixiviação dos agrotóxicos no solo, tais como pluviosidade anual > 250 mm, aquífero não confinado e solo poroso (LOURENCETTI *et al.*, 2005).

b) Índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas (Índice GUS):

O índice GUS é calculado por meio dos valores de meia-vida do composto no solo (DT_{50solo}) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}), não se levando em consideração outras propriedades, como solubilidade em água, sendo obtido a partir da Equação 1:

$$GUS = \log(DT_{50solo}) \times (4 - \log K_{oc}) \qquad \text{Eq. 1}$$

As faixas de classificação dos compostos de acordo com sua tendência à lixiviação são (GUSTAFSON, 1989):

GUS < 1,8: não sofre lixiviação;

1,8 < GUS < 2,8: faixa de transição;

GUS > 2,8: provável lixiviação.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa foi a Bacia do Alto Ivaí, escolhida por possuir intensa atividade agrícola, mananciais superficiais para abastecimento público dos municípios e uso de água subterrânea para consumo por grande parte da população em áreas rurais e urbanas.

A Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí está localizada entre a região norte e central do estado do Paraná (Figura 4). De acordo com a Resolução Nº 49 de 2006 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná (CERH/PR), a bacia compreende desde as nascentes do Rio Ivaí situadas nos municípios de Inácio Martins e Guarapuava, até imediatamente à jusante da foz do Ribeirão Marialva, município de Floresta.

Figura 4 – Bacias Hidrográficas do Paraná com destaque a Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí

Fonte: Adaptado de INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (2019); Base Cartográfica: ITCG (2014).

A bacia hidrográfica abrange cinquenta e oito municípios paranaenses, sendo eles: Apucarana, Arapuã, Ariranha do Ivaí, Barbosa Ferraz, Boa Ventura, de São Roque, Bom Sucesso, Borrazópolis, Califórnia, Cambira, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Corumbataí do Sul, Cruzmaltina, Engenheiro Beltrão, Faxinal, Fênix, Floresta, Godoy Moreira, Grandes Rios, Guamiranga, Guarapuava, Irati, Iretama, Itambé, Ivaí,

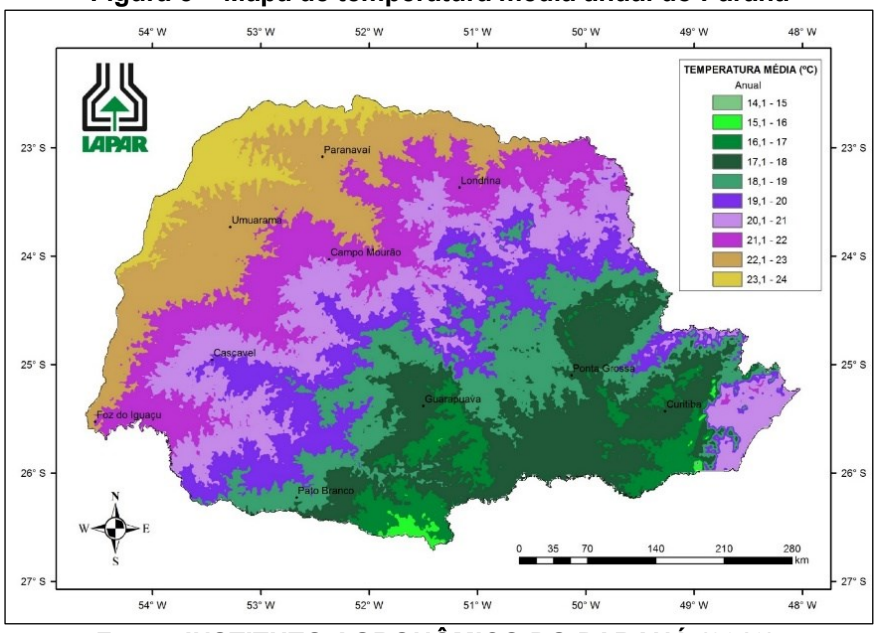
Ivaiporã, Jandaia do Sul, Jardim Alegre, Kaloré, Lidianópolis, Luiziana, Lunardelli, Mamborê, Mandaguari, Manoel Ribas, Marialva, Marilândia do Sul, Maringá, Marumbi, Mato Rico, Mauá da Serra, Nova Tebas, Novo Itacolomi, Ortigueira, Peabiru, Pitanga, Prudentópolis, Quinta do Sol, Reserva, Rio Bom, Rio Branco do Ivaí, Roncador, Rosário do Ivaí, Santa Maria do Oeste, São João do Ivaí, São Pedro do Ivaí, Sarandi e Turvo.

Segundo o último censo divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) a Bacia do Alto Ivaí conta com uma população estimada de 1.471.818 habitantes, e uma área de 23.195 km^2, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Paraná (2010).

A vegetação na bacia é composta pela Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e remanescentes de Cerrados e Campos Naturais (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2017). O principal uso da terra na bacia é a agricultura, seguida por integração lavoura, pecuária e floresta alterada.

Segundo dados do IDR-PR (2019), o clima na bacia é, segundo classificação de Köeppen, do tipo Cfa, ou seja, indica clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, mas sem estação seca definitiva (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de temperatura média anual do Paraná

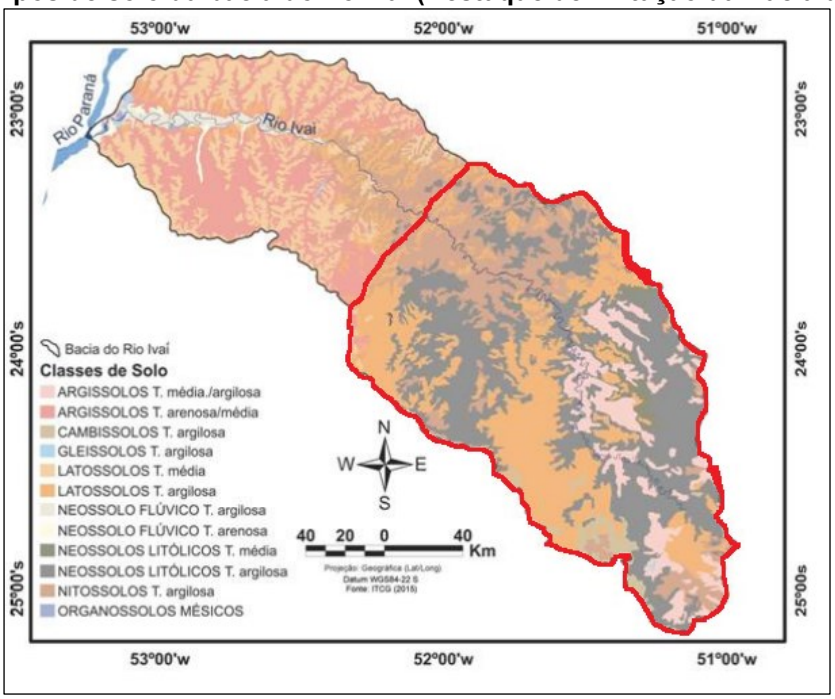


Fonte: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (2019).

A pluviosidade média anual na bacia é de 1.300 a 1.800mm, com vazões mínimas específicas da ordem de 1,5 a 4 L/s/km^2 e vazões médias da ordem de 16 a 26 L/s/km^2 (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

Os tipos de solos encontrados na Bacia do Alto Ivaí (Figura 6) são: Latossolos de textura argilosa, Neossolos Litólicos de textura média e argilosa, alguns fragmentos de Argissolos de textura média/argilosa, Cambissolos de textura argilosa e Nitossolos de textura argilosa (MELO, 2017).

Figura 6 – Tipos de solo da bacia do rio Ivaí (Destaque delimitação da Bacia do Alto Ivaí)



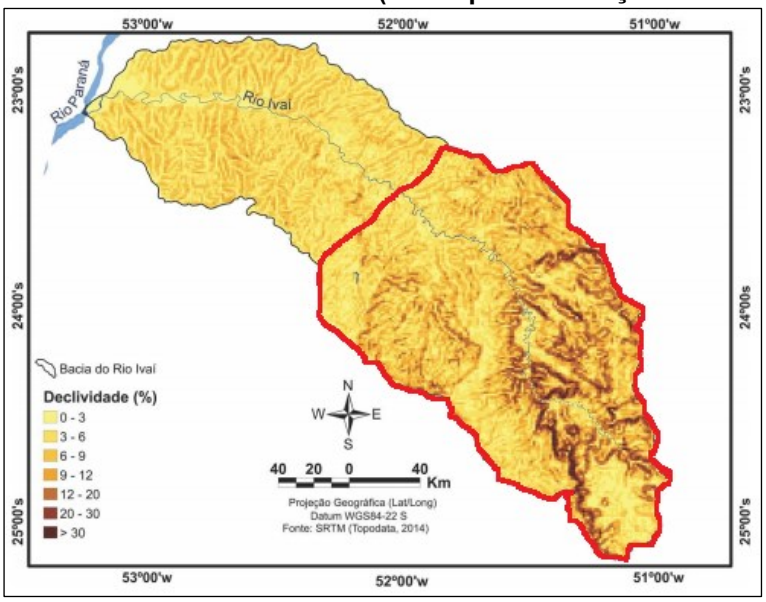
Fonte: Adaptado de Melo (2017).

Os Latossolos de textura argilosa constituem solos profundos e bem evoluídos, associados à ocorrência dos arenitos, ocupando os topos de alguns interflúvios e também os Argissolos de textura arenosa/média, que recobrem segmentos de vertentes nas áreas onde o substrato geológico é constituído por arenitos da Formação Caiuá. Já os Neossolos Litólicos de textura média, normalmente estão associados aos locais mais dissecados e de maiores declividades (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

Segundo Melo (2017), quanto maiores as declividades, mais neoformados serão os solos, acarretando em saturação hídrica mais rápida e consequentemente

escoamento superficial. As declividades na Bacia do Alto Ivaí podem ser observadas na Figura 7.

Figura 7 – Declividades da bacia do rio Ivaí (Destaque delimitação da Bacia do Alto Ivaí)



Fonte: Adaptado de Melo (2017).

5.2 Identificação das principais culturas agrícolas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí

Para realizar a identificação das principais culturas agrícolas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí, primeiramente através do banco de dados do IBGE, foi identificado o tamanho da área de lavoura permanente e temporária de cada uma das culturas desenvolvidas em cada um dos 58 municípios pertencentes a bacia do Alto Ivaí, esses dados obtidos foram transferidos para uma planilha do programa Excel.

Após esta etapa, foi feito a soma das áreas de cada uma das culturas desenvolvidas na bacia do Alto Ivaí, esta soma possibilitou a identificação das culturas com maiores áreas dentro da bacia.

A partir desta informação foram então selecionadas as cinco culturas com maiores áreas dentro da bacia, independente se eram permanentes ou temporárias, sendo assim, estas cinco culturas foram determinadas como as principais na bacia.

Foram selecionadas apenas cinco culturas para o desenvolvimento desta pesquisa, pois seria inviável utilizar todas culturas desenvolvidas na bacia para a pesquisa.

5.3 Diagnóstico e caracterização dos principais agrotóxicos comercializados e utilizados na região da Bacia do Alto Ivaí

Devido à falta de dados sobre a quantidade utilizada dos princípios ativos em cada um dos 58 Municípios, optou-se por utilizar os dados disponibilizados pela SIAGRO do Paraná, a qual determina anualmente quais foram as quantidades utilizadas e comercializadas de cada um dos princípios ativos utilizados no Paraná.

Sendo assim, a partir dos dados da SIAGRO do último ano, foram selecionados os 28 princípios ativos com maiores quantidades de comercialização e uso.

Posteriormente estes princípios ativos foram comparados com as cinco culturas determinadas na etapa anterior para verificar se estes princípios ativos são aplicados nestas culturas. Os princípios ativos que não são aplicados nas culturas da bacia foram descartados.

Já para esta determinação sobre quais princípios ativos de agrotóxicos são aplicados em cada cultura utilizou-se o banco de dados da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (2020).

Desta forma então, foram identificados os principais agrotóxicos utilizados na bacia do Alto Ivaí.

Após selecionado os princípios ativos, foi realizada a determinação das propriedades físico-químicas de cada princípio ativo como: o coeficiente de partição octanol-água (Kow), coeficiente de sorção normalizado para a matéria orgânica (Koc), meia-vida no solo DT_{50} (típica, de laboratório a 20ºC e de campo), pois estes dados são fundamentais para o desenvolvimento da metodologia escolhida para a avaliação qualitativa do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí.

Para a determinação dos princípios ativos foram utilizados dados obtidos através do programa elaborado pela *Wise & Loveys Information Services LTD* denominado *The e-Pesticide Manual Version 2.1,* e também foram utilizados dados obtidos através da literatura como proposto por Milhome *et al.* (2009).

E por fim, foi averiguado quais destes princípios ativos dos agrotóxicos estão contemplados pela Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria de Consolidação nº 05

do Ministério da Saúde, a fim de verificar se as legislações contemplam os princípios ativos utilizados na Bacia (BRASIL, 2017).

Vale salientar que a falta de dados sobre as propriedades físico-químicas de alguns dos agrotóxicos necessárias para o emprego do método de Goss, GUS e USEPA, levou à redução do número de ingredientes ativos a serem avaliados na pesquisa, pois as propriedades físico-químicas são fundamentais para as avaliações.

5.4 Avaliação do potencial de contaminação por agrotóxicos de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí

A avaliação do potencial de contaminação por agrotóxicos das águas superficiais na Bacia do Alto Ivaí, foi realizada de forma qualitativa pois a falta de dados sobre a quantificação e monitoramento destes resíduos em água na região da bacia é precário.

Sendo assim, a metodologia para a avaliação qualitativa aplicada na determinação do potencial de contaminação das águas superficiais na Bacia do Alto Ivaí foi a metodologia dos critérios propostos por Goss (1992), que consideram as seguintes características dos agrotóxicos: o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc), a meia-vida no solo (DT_{50}) e a solubilidade em água a 20 ºC.

O método de Goss (1992) *apud* De-Lamonica-Freire (2001), classifica os agrotóxicos em alto e baixo potencial de contaminação em função do transporte associado aos sedimentos ou dissolvidos em água, conforme Tabela 2. Porém foi criado mais um critério de classificação, pois alguns princípios ativos não se enquadram em nenhum dos critérios citados, sendo assim, estes princípios ativos são considerados como potencial intermediário de contaminação para águas superficiais (MARQUES, 2005).

Este método permite uma estimativa de contaminação das águas superficiais utilizando como base a classificação dos compostos, de acordo com a sua forma de transporte: dissolvidos em água ou associados ao solo/sedimento.

Sendo assim, os ingredientes ativos de agrotóxicos foram divididos em seis grupos, conforme a Tabela 2:

- Alto potencial de contaminação das águas superficiais por princípios ativos de agrotóxicos transportados pelo sedimento;

- Médio potencial de contaminação das águas superficiais por princípios ativos de agrotóxicos transportados pelo sedimento;
- Baixo potencial de contaminação das águas superficiais por princípios ativos de agrotóxicos transportados pelo sedimento;
- Alto potencial de contaminação de águas subterrâneas por princípios ativos de agrotóxicos dissolvidos em água;
- Médio potencial de contaminação de águas subterrâneas por princípios ativos de agrotóxicos dissolvidos em água;
- Baixo potencial de contaminação de águas subterrâneas por princípios ativos de agrotóxicos dissolvidos em água;

Tabela 2 – Método de GOSS para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais

Potencial de transporte associado ao sedimento			
	DT_{50solo} (d)	K_{oc} (mL.g $^{-1}$)	S (mg.L $^{-1}$)
Alto potencial	$\geq$ 40	$\geq$ 1000	-
	$\geq$ 40	$\geq$ 500	$\geq$ 0,5
Baixo potencial	< 1	-	-
	$\leq$ 2	$\leq$ 500	-
	$\leq$ 4	$\leq$ 900	$\geq$ 0,5
	$\leq$ 40	$\leq$ 500	$\geq$ 0,5
	$\leq$ 40	$\leq$ 900	$\geq$ 2
Potencial de transporte dissolvido em água			
Alto potencial	> 35	< 100000	$\geq$ 1
	< 35	$\leq$ 700	$\geq$ 10 e $\geq$ 100
Baixo Potencial	-	$\geq$ 100000	-
	< 1	$\geq$ 1000	-
	< 35	-	$\leq$ 0,5

DT_{50}: meia vida; Koc: coeficiente de adsorção á matéria orgânica; S: Solubilidade em água.

Fonte: Adaptado de DORES; DE-LAMONICA-FREIRE (2001).

Os princípios ativos que não possuem alguma das propriedades físico-químicas necessárias para classificação, foram considerados inconclusivos.

Para a avaliação qualitativa do potencial de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos na região de estudo, utilizou-se a metodologia de *screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e o Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*) (PRIMEL *et al*., 2005; DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001). Para realizar esta avaliação foram utilizados dados das propriedades físico-químicas dos princípios ativos dos agrotóxicos, tais como: da meia-vida do composto no solo (DT_{50solo}) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}) de cada agrotóxico.

O método de *screening* da USEPA, na análise preliminar de riscos de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas, considera os critérios a seguir:

- Solubilidade dos pesticidas em água (S) > 30 $mg.L^{-1}$
- Coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}) < 300–500 $mL.g^{-1}$
- Constante da Lei de Henry (K_H) < 10^{-2} $Pa.m^3.mol^{-1}$
- Especiação (Esp): negativamente carregado a pH normal do ambiente (5 a 8)
- Meia-vida no solo > 14 a 21 dias
- Meia-vida na água > 175 dias

Dessa forma, conforme essas propriedades, os agrotóxicos que se enquadram nesses critérios foram considerados de alto potencial contaminante.

Ainda, foi levado em consideração que diferentes condições ambientais favorecem a lixiviação dos agrotóxicos no solo, tais como pluviosidade anual > 250 mm, aquífero não confinado e solo poroso (LOURENCETTI *et al.*, 2005).

No entanto, o índice GUS é calculado por meio dos valores de meia-vida do composto no solo (DT_{50solo}) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}), não levando em consideração outras propriedades, como solubilidade em água, sendo obtido a partir da Equação 1. A tendência de lixiviação foi classificada conforme as faixas de classificação dos compostos já apresentadas.

5.5 Identificação dos municípios da Bacia do Alto Ivaí com maior risco de contaminação das águas por agrotóxicos

A identificação dos municípios pertencentes a Bacia do alto Ivaí com maior potencial de contaminação da água por agrotóxicos foi realizada a partir da relação dos dados obtidos nas etapas anteriores, bem como fatores que contribuem para esta contaminação, entre outros fatores importantes, como:

- Principais culturas desenvolvidas na bacia *versus* avaliação do potencial de contaminação superficial e subterrânea dos agrotóxicos aplicados nas culturas;
- Pontos de captação para abastecimento público;
- Pontos de monitoramento já existentes

- Áreas de intensa atividade agropecuária e uso de agrotóxicos
- Áreas onde há maior número de notificação de intoxicação por agrotóxicos

A partir das relações entre estes dados, foi possível identificar os principais municípios na bacia que possuem maior suscetibilidade a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

5.6 Elaboração da proposta de pontos prioritários para monitoramento de agrotóxicos na água Bacia do Alto Ivaí

Por fim, a partir da obtenção dos resultados de todas etapas e objetivos propostos, foi possível elaborar o produto final desta pesquisa. Sendo assim, foi elaborado um relatório técnico com as informações avaliadas nesta pesquisa, além de identificar municípios prioritários para monitoramento de agrotóxicos na água na Bacia do Alto por possuírem potencial de contaminação pela aplicação dos agrotóxicos nas culturas desenvolvidas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Principais culturas agrícolas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí

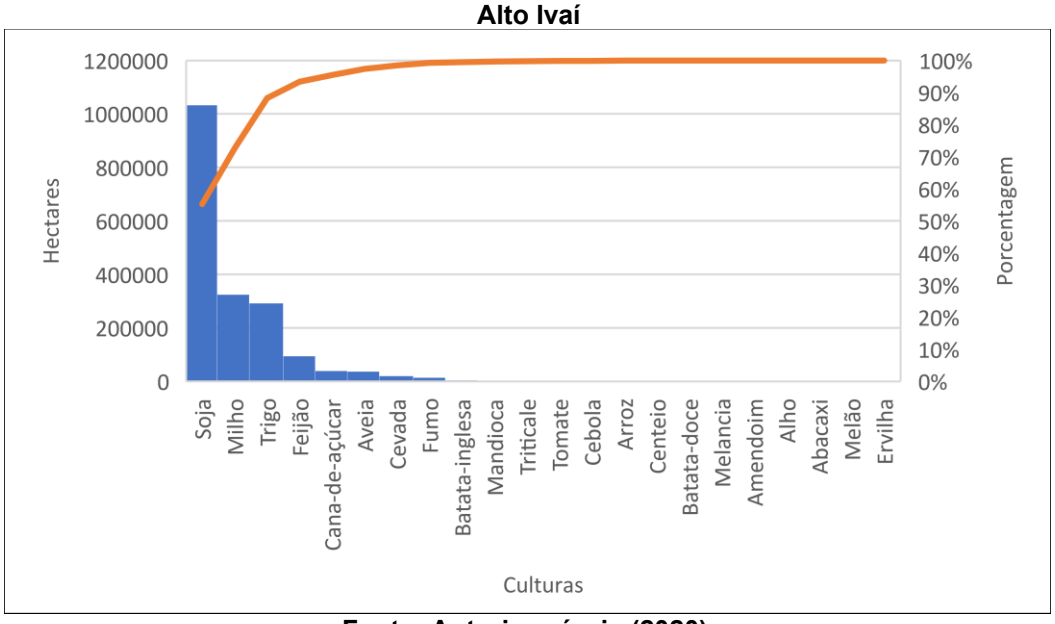
Através de dados obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) foi possível identificar o tamanho da área das principais culturas desenvolvidas em cada um dos municípios que integram a Bacia do Alto Ivaí, tanto permanente, como temporárias (Apêndice A). Verifica-se que a área plantada total na bacia é de 1.887.974 hectares, considerando áreas de lavoura temporária e permanente.

As culturas desenvolvidas em cada município pertencente a bacia, bem como a área plantada de cada cultura em relação às lavouras temporárias são apresentadas no Apêndice B.

A partir dos dados obtidos pode-se identificar quais são as culturas com maior área de plantio dentro da área da bacia.

Por meio do Gráfico 1, observa-se que as maiores áreas de lavoura temporária na região da bacia são: soja, milho, trigo, feijão, cana de açúcar e aveia.

Gráfico 1 – Diagrama de Pareto: maiores áreas de lavouras temporárias cultivadas na Bacia do Alto Ivaí

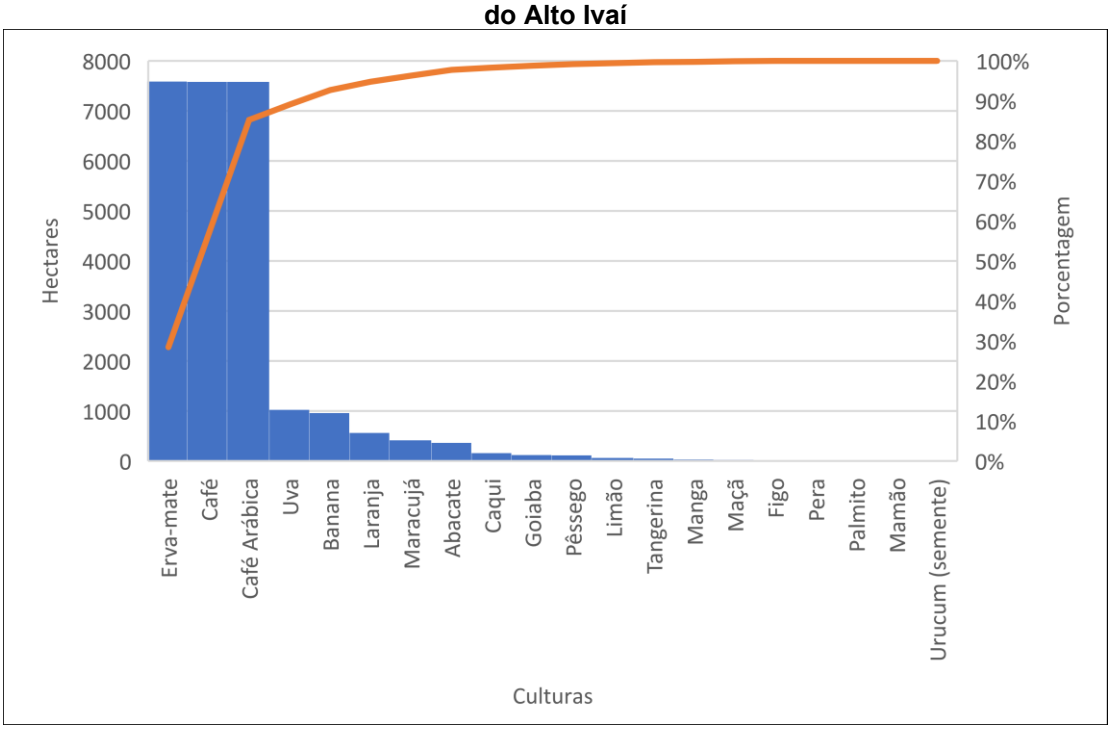


Fonte: Autoria própria (2020).

Já os dados sobre as lavouras permanentes em cada município pertencente a bacia, bem como as áreas plantadas, são apresentados no Apêndice C. Para estes dados também foram identificadas as maiores áreas de plantio de lavouras

permanentes na Bacia do Alto Ivaí (Gráfico 2). Dessa forma, identificou-se que as maiores áreas de lavouras permanentes na bacia são: erva-mate, café, café arábica, uva, banana e laranja.

Gráfico 2 – Diagrama de Pareto: maiores áreas de lavouras permanentes cultivadas na Bacia do Alto Ivaí



Fonte: Autoria própria (2020).

No Quadro 4 é apresentado um resumo das principais lavouras cultivadas na Bacia do Alto Ivaí e suas respectivas áreas de cultivo. Entretanto, das doze lavouras selecionadas, seis de culturas permanentes e seis de culturas temporárias, apenas cinco com as maiores áreas de plantio foram selecionadas para serem utilizadas nas próximas etapas da pesquisa, sendo elas: soja, milho, trigo, feijão e aveia.

Durante o desenvolvimento desta etapa houve um erro técnico e foi descartado a cana de açúcar.

Quadro 4 – Principais culturas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí

CULTURA	ÁREA (hectares)	CLASSIFICAÇÃO
Soja	1032616	Temporária
Milho	324870	Temporária
Trigo	292245	Temporária
Feijão	94637	Temporária
Cana de açúcar	39335	Temporária
Aveia	36342	Temporária
Erva-mate	7585	Permanente
Café	7579	Permanente
Café arábica	7579	Permanente
Uva	1022	Permanente
Banana	964	Permanente
Laranja	563	Permanente

Fonte: Autoria própria (2020).

6.2 Principais agrotóxicos comercializados e utilizados na região da Bacia do Alto Ivaí

Segundo Relatório de Avaliação Ambiental (2015) realizado pelas Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral, Secretaria de Estado da Família e Desenvolvimento Social e Companhia de Habitação do Paraná, na Bacia do Alto Ivaí, por existirem atividades de agricultura intensiva mecanizada o uso de agrotóxicos na bacia é grande, cerca de 10,6 kg/ha/ano. Sendo assim, a mesma está entre as bacias que mais usam agrotóxicos no estado do Paraná.

A partir dos dados obtidos através da Sistema de Monitoramento de Agrotóxicos ADAPAR (2018), foram selecionados 28 ingredientes ativos mais utilizados no Paraná, posteriormente estes ingredientes ativos foram relacionados com os dados de aplicação e uso da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR), a fim de verificar em quais culturas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí estes princípios ativos são utilizados (Quadro 5).

Quadro 5 – Principais ingredientes ativos de agrotóxicos com o uso nas respectivas culturas

PRINCÍPIO ATIVO	SOJA	MILHO	TRIGO	FEIJAO	AVEIA
Equivalente ácido de Glifosato	x	x	x	x	-
Glifosato	x	x	x	x	-
Glifosato Potássico	x	x	x	x	-
Paraquate	x	x	x	x	-
Atrazina	-	x	-	-	-
Mancozebe	x	x	x	x	-
2,4-D	x	x	x	-	x
Imidacloprido	x	x	x	x	x
Sal de Potássio de Glifosato	x	x	x	-	-
Acefato	x	x	-	x	-
Trifloxistrobina	x	x	x	x	x
Piraclostrobina	x	x	x	x	x
Ciproconazol	x	x	x	-	x
Tebuconazol	x	x	x	x	x
Bifentrina	x	x	x	x	x
Epoxiconazol	x	x	x	x	x
Cletodim	x	x	x	x	-
Picoxistrobina	x	x	x	x	-
Protioconazol	x	x	x	x	-
Equivalente ácido de 2,4-D	x	x	x	-	-
Beta-Ciflutrina	x	x	x	x	-
Diurom	x	x	x	-	-
Lambda Cialotrina	x	x	x	x	x
Azoxistrobina	x	x	x	x	x
Fluxapiroxade	x	x	x	x	x
Carbendazim	x	x	x	x	-
Tiametoxam	x	x	x	x	-
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	x	x	x	-	-

Legenda: "x" – Utiliza; "-" – Não utiliza.
Fonte: Adaptado de SISTEMA DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS ADAPAR (2018) e AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ (2020).

Por meio do Quadro 5 verifica-se que todos os princípios ativos avaliados são utilizados por uma ou mais das culturas desenvolvidas na bacia, sendo assim, todos os vinte e oito princípios ativos de agrotóxicos foram determinados como principais ingredientes ativos utilizados na região da bacia.

Posteriormente, foram identificadas as propriedades físico-químicas dos princípios ativos, os resultados obtidos estão apresentados no Apêndice D. Entretanto, não foi possível determinar as características de todos princípios ativos, pois alguns não possuem alguns dados na literatura, sendo assim, a falta de dados

sobre as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, fundamentais para o emprego do método de Goss, GUS e USEPA levou à redução de vinte e oito ingredientes ativos para vinte e quatro, sendo eles: Equivalente ácido de Glifosato, Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, Glifosato, Glifosato Potássico, Paraquate, Atrazina, 2,4-D, Cletodim, Equivalente ácido de 2,4-D, Sal de Potássio de Glifosato, Diurom, Mancozebe, Lambda Cialotrina, Tiametoxam, Imidacloprido, Carbendazim, Trifloxistrobina, Piraclostrobina, Epoxiconazol, Picoxistrobina, Protioconazol, Azoxistrobina, Acefato e Bifentrina.

Em relação a Portaria de Consolidação Nº5/2017 do Ministérios da Saúde (BRASIL, 2017), que em seu Anexo XX dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, os ingredientes ativos contemplados são:

- Diurom: Valor máximo permitido de 90 µg/L;
- Glifosato, equivalente ácido de glifosato, glifosato potássico, sal de potássio de glifosato: Valor máximo permitido de 50 µg/L;
- Atrazina: Valor máximo permitido de 2 µg/L;
- 2,4 D, sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, equivalente ácido de 2,4-D: Valor máximo permitido de 30 µg/L;
- Mancozebe: Valor máximo permitido de 180 µg/L;
- Carbendazim + benomil: Valor máximo permitido de 120 µg/L.

O restante dos princípios ativos de agrotóxicos selecionados, não são contemplados pela portaria.

Na Resolução CONAMA Nº 357/2005 estão determinados os padrões de qualidade da água doce Classe II. Nestes padrões estão incluídos cinquenta e quatro (54) compostos orgânicos que possuem valor máximo permitido na água e que devem ser monitorados, porém dos princípios ativos avaliados nesta pesquisa apenas três são comtemplados pela Resolução, são eles:

- Glifosato, equivalente ácido de glifosato, glifosato potássico, sal de potássio de glifosato: Valor máximo permitido de 65 µg/L;
- 2,4 D, sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, equivalente ácido de 2,4-D: Valor máximo permitido de 4,0 µg/L;
- Atrazina: Valor máximo permitido de 2,0 µg/L.

Ou seja, dos vinte e oito princípios ativos avaliados nesta pesquisa que podem estar sendo aplicados na Bacia do Alto Ivaí e contaminando águas superficiais e

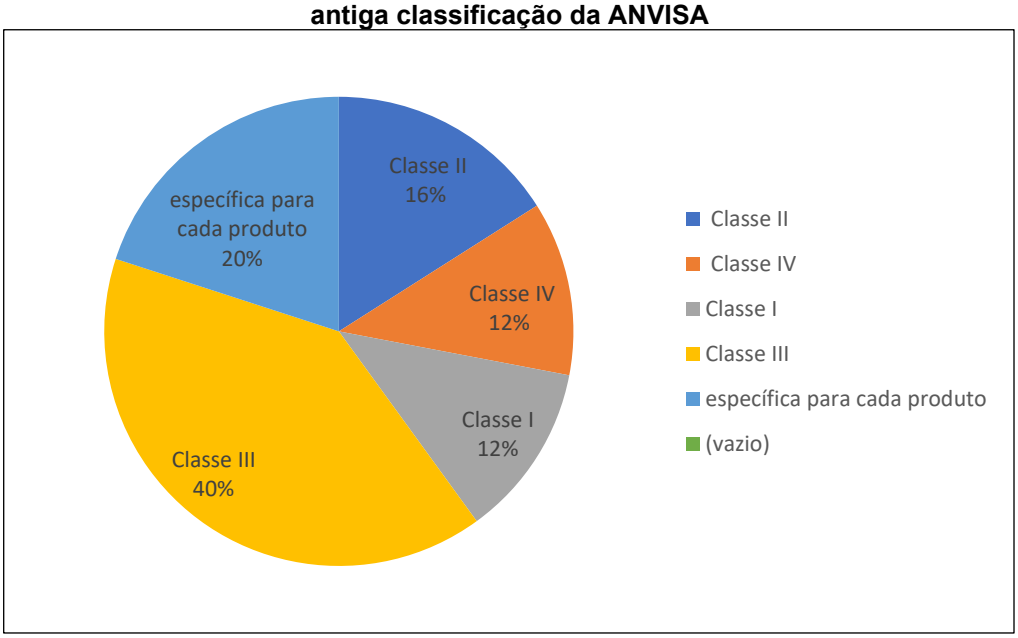
subterrâneas, apenas seis estão sendo monitorados por concessionárias de abastecimento público que utilizam esta água para consumo da população, e estes seis princípios ativos podem também estar sendo monitorado pelas secretarias de saúde através do programa SisÁgua.

Além disso, dos mais de 600 ingredientes ativos liberados pela ANVISA até o ano de 2020, apenas vinte e sete são contemplados pela portaria do Ministério da Saúde e apenas cinquenta e quatro são contemplados pelas resoluções do CONAMA.

Os agrotóxicos analisados dividem-se, em termos de atuação, da seguinte forma: onze com ação herbicida, apenas um com ação fungicida e acaricida, quatro como inseticidas, dez como fungicidas, um inseticida e acaricida e um como inseticida, formicida e acaricida.

Com relação à classificação toxicológica antiga da ANVISA, há um grande número de ingredientes ativos contido entre as classes I e II (28%), além disso 40% se classificam como classe III que também oferece risco a saúde, ressaltando a importância do monitoramento e inclusão dos mesmos no monitoramento da qualidade da água (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Distribuição da classificação de toxicidade dos princípios ativos de acordo com a antiga classificação da ANVISA

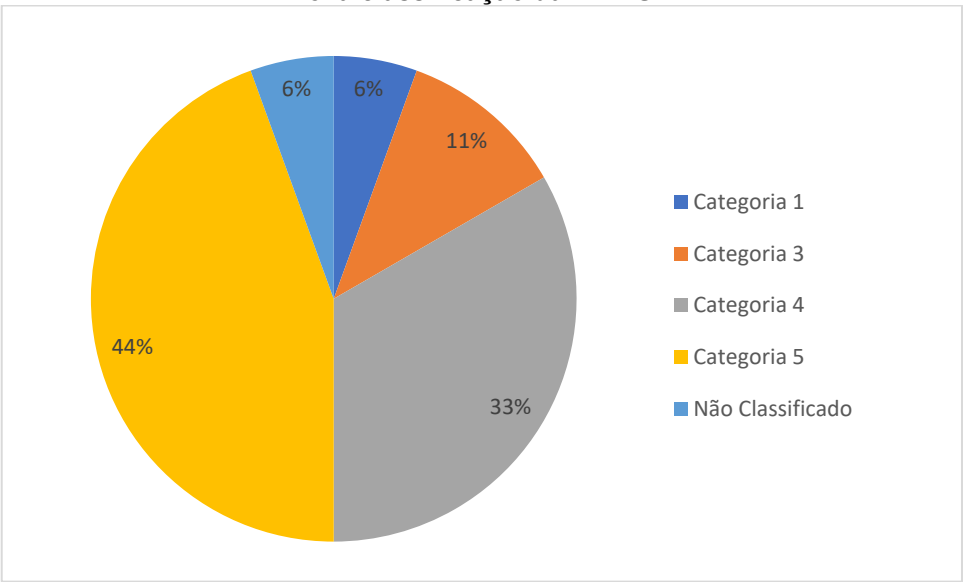


Fonte: Autoria própria (2020).

Já pela nova classificação toxicológica da ANVISA, publicada na Resolução-RE nº 2.080, de 31 de Julho de 2019, apenas um dos agrotóxicos avaliados é considerado da categoria 1, ou seja, produto extremamente tóxico; dois classificados

como categoria 3 - Produto Moderadamente Tóxico; seis como categoria 4 - Produto Pouco Tóxico; oito considerados como categoria 5 - Produto Improvável de Causar Dano Agudo e 11 dos ingredientes ativos não foram ainda classificados de acordo com nova classificação da ANVISA, além disso, alguns dos ingredientes ativos mudam de categoria dependendo do fabricante, devido a diferenças nas fórmulas desenvolvidas (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Distribuição da classificação de toxicidade dos princípios ativos de acordo com a nova classificação da ANVISA



Fonte: Autoria própria (2020).

Cruzando essas informações, entre nova e antiga classificação toxicológica dos ingredientes ativos pela ANVISA, percebe-se também que muitos dos agrotóxicos que antes eram considerados tóxicos para saúde humana bem como para meio ambiente não são mais, como exemplo o Cletodim que pela antiga classificação era classe II e agora é categoria 5.

6.3 Potencial de contaminação por agrotóxicos de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Alto Ivaí

6.3.1 Águas superficiais

Os resultados obtidos para o potencial de contaminação de águas superficiais por agrotóxicos, na Bacia do Alto Ivaí, são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Potencial de contaminação das águas superficiais pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

Princípio ativo	Potencial de transporte associado ao sedimento		Potencial de transporte dissolvido em água	
	Critério	Resposta	Critério	Resposta
Equivalente ácido de Glifosato	NA	MP	NA	MP
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	$DT_{50} \leq 40$, $K_{oc} \leq 900$, $S \geq 00,2$	BP	NA	MP
Glifosato	NA	MP	NA	MP
Glifosato Potássico	NA	MP	NA	MP
Paraquate	$K_{oc} \geq 1.000.000$	AP	NA	MP
Atrazina	NA	MP	$DT_{50} > 35$, $K_{oc} < 100.000$, $S > 1$	AP
2,4-D	$DT_{50} \leq 40$, $K_{oc} \leq 900$, $S \geq 00,2$	BP	NA	MP
Cletodim	$DT_{50} \leq 40$, $K_{oc} \leq 900$, $S \geq 0,5$	BP	NA	MP
Equivalente ácido de 2,4-D	$DT_{50} \leq 40$, $K_{oc} \leq 900$, $S \geq 00,2$	BP	NA	MP
Sal de Potássio de Glifosato	NA	MP	NA	MP
Diurom	$DT_{50} \geq 40$, $K_{oc} \leq 500$, $S \leq 0,5$	AP	$DT_{50} > 35$, $K_{oc} < 1.000.000$, $S \geq 1$	AP
Mancozebe	$DT_{50} \leq 1$	BP	NA	MP
Lambda Cialotrina	NA	MP	$K_{oc} \geq 100.000$	AP
Tiametoxam	NA	MP	$DT_{50} > 35$, $K_{oc} < 100.000$, $S \geq 1$	AP
Imidacloprido	NA	MP	$DT_{50} > 35$, $K_{oc} < 100.000$, $S \geq 1$	AP
Beta-Ciflutrina	I	I	I	I
Carbendazim	NA	MP	NA	MP
Fluxapiroxade	I	I	I	I
Trifloxistrobina	NA	MP	NA	MP
Piraclostrobina	NA	MP	NA	MP
Ciproconazol	I	I	I	I
Tebuconazol	I	I	I	I
Epoxiconazol	NA	MP	NA	MP
Picoxistrobina	I	I	I	I
Protioconazol	$DT_{50} \geq 40$, $K_{oc} \geq 1000$	AP	$DT_{50} > 35$, $K_{oc} < 100.000$, $S \geq 1$	AP
Azoxistrobina	NA	MP	$DT_{50} > 35$, $K_{oc} < 100.000$, $S \geq 1$	AP
Acefato	$DT_{50} \geq 4$, $K_{oc} \leq 900$, $S \geq 0,5$	BP	NA	MP
Bifentrina	NA	MP	NA	MP

Legenda: NA: não aplicável – cor branca; AP: alto potencial – vermelho; MP: médio potencial - amarelo; BP: baixo potencial - verde; I: inconclusivo - branco;
Fonte: Adaptado de WISE; LOVEYS (2001); MILHOME *et al.* (2009).

De acordo com a avaliação qualitativa realizada sobre o potencial de transporte dos princípios ativos, associado ao sedimento, tem-se que:

- Três foram considerados de alto potencial: Paraquate; Diurom e Protioconazol;
- Quinze foram considerados de médio potencial: Equivalente ácido de Glifosato; Glifosato; Glifosato Potássio; Atrazina; Sal de Potássio de Glifosato; Lambda Cialotrina; Tiametoxam. Carbendazim; Trifloxistrobina; Piraclostrobina; Epoxiconazol; Azoxistrobina e Bifentrina;
- Seis foram considerados de baixo potencial: Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); 2,4-D; Cletodim; Equivalente ácido de 2,4-D; Mancozebe e Acefato.

Em relação ao potencial de transporte dissolvido em água:

- Sete foram considerados de alto potencial: Atrazina; Diurom; Lambda Cialotrina; Tiametoxam; Imidacloprido; Protioconazol e Azoxistrobina;
- Dezesseis foram considerados de médio potencial: Equivalente ácido de Glifosato; Glifosato; Glifosato Potássio; Paraquate; Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); 2,4-D; Cletodim; Equivalente ácido de 2,4-D; Sal de Potássio de Glifosato; Mancozebe; Carbendazim; Trifloxistrobina; Piraclostrobina; Epoxiconazol; Acefato e Bifentrina.
- Nenhum foi considerado de baixo potencial de transporte dissolvido em água e cinco foram inconclusivos devido à falta de dados sobre suas propriedades físico-químicas.

Assim, a partir da análise qualitativa realizada, as áreas de cultivo que recebem aplicações de paraquate, atrazina, diurom, lambda cialotrina, imidacloprido, tiametoxam, protioconazol e azoxistrobina tem maior potencial de contaminação das águas superficiais na Bacia do Alto Ivaí, devido ao alto potencial de transporte destes princípios ativos associados a sedimentos ou dissolvidos em água. Todas as culturas avaliadas nesta pesquisa utilizam um ou mais destes princípios ativos.

Vale salientar que a Resolução da ANVISA - RDC nº 177, de 21 de setembro de 2017, proibiu o uso de paraquate no ano de 2020, devido ao risco que o mesmo pode causar a saúde da população, como a doença de Parkinson (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2017).

Além disso, é importante salientar que esta avaliação é apenas qualitativa, em outras pesquisas quantitativas realizadas por Brito *et al.* (2001) e Soares, Faria e Rosa

(2017), mostram que os princípios ativos: Equivalente ácido de Glifosato; Glifosato; Glifosato Potássio; Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); 2,4-D; Cletodim; Equivalente ácido de 2,4-D, são facilmente degradados em água por ação da luz e por microrganismos, sendo assim, são facilmente encontrados como contaminantes em águas superficiais, porém por meio da avaliação qualitativa estes princípios ativos não são de alto potencial de contaminação, outro ponto importante é que estes princípios ativos são muito utilizados nas culturas desenvolvidos na bacia, então mesmo não sendo considerado de alto potencial conforme metodologia qualitativa aplicada, é importante considerar estes outros aspectos.

6.3.2 Águas subterrâneas

No Quadro 7 são apresentados os resultados da avaliação qualitativa do potencial de contaminação das águas subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí.

De acordo com os critérios da USEPA, os princípios ativos de agrotóxicos que possuem elevada solubilidade em água, baixa adsorção à matéria orgânica no solo e alta meia-vida no solo, tendem mais a atingirem o lençol freático, aumentando o risco de contaminação das águas subterrâneas. Quanto ao método de GUS, os princípios ativos de agrotóxicos classificados na faixa de transição e de lixiviação podem oferecer risco potencial de contaminação das águas subterrâneas. Os compostos caracterizados com potencial de lixiviação nulo (GUS < 1,8) podem ser considerados não contaminantes em águas subterrâneas (MARQUES, 2005).

Pode-se observar a partir dos resultados apresentados no Quadro 7 que a análise de alguns princípios ativos diferem em relação a análise USEPA e análise do Índice GUS, como por exemplo o glifosato, que pela análise da USEPA é considerado contaminante em potencial, e pelo Índice GUS é considerado de lixiviação nula, isso acontece pois o método da USEPA leva em consideração um número maior de informações das propriedades físico-químicas dos princípios ativos, enquanto o Índice GUS leva em consideração apenas DT_{solo} e K_{oc}.

Quadro 7 – Potencial de contaminação das águas subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

(continua)

Princípio ativo	Critério USEPA							Análise GUS		Risco Médio
	S	K_{oc}	K_H	Esp.	DT_{50solo}	$DT_{50água}$	Análise USEPA	LOG GUS	Análise GUS	
Equivalente ácido de Glifosato	A	N	A	A	N	A	CP	-0,36	LN	IN
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	A	A	A	A	N	A	CP	2,25	FT	CP
Glifosato	A	N	A	A	N	A	CP	-0,36	LN	IN
Glifosato Potássico	A	N	A	A	N	A	CP	-0,36	LN	IN
Paraquate	A	N	A	N	A	A	CP	-6,95	LN	IN
Atrazina	A	A	A	A	A	N	CP	3,75	PL	CP
2,4-D	A	A	A	A	N	A	CP	2,25	FT	CP
Cletodim	A	A	A	A	N	A	CP	1,14	LN	IN
Equivalente ácido de 2,4-D	A	A	A	A	N	A	CP	2,25	FT	CP
Sal de Potássio de Glifosato	A	N	A	A	N	A	CP	-0,36	LN	IN
Diurom	A	N	I	I	A	I	-	2,98	PL	I
Mancozebe	N	N	A	N	N	N	NC	-1,00	LN	NC
Lambda Cialotrina	N	N	N	N	A	N	NC	-1,67	LN	NC
Tiametoxam	A	A	A	N	A	I	CP	3,66	PL	CP
Imidacloprido	A	A	A	N	A	A	CP	3,76	PL	CP
Beta-Ciflutrina	N	I	I	I	N	I	-	I	I	I
Carbendazim	N	A	I	I	A	I	-	2,4	FT	I
Fluxapiroxade	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Trifloxistrobina	N	N	A	N	N	N	NC	0,53	LN	NC
Piraclostrobina	N	N	A	N	A	A	IN	-0,06	LN	NC
Ciproconazol	A	I	I	I	A	I	-	I	I	I
Tebuconazol	A	I	I	I	N	I	-	I	I	I
Epoxiconazol	N	N	I	I	A	I	-	1,45	LN	I
Picoxistrobina	N	N	I	I	A	I	-	1,42	LN	I
Protioconazol	A	N	A	A	A	N	CP	2,25	FT	CP

Quadro 7 - Potencial de contaminação das águas subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

(conclusão)

Princípio ativo	Critério USEPA							Análise GUS		Risco Médio
	S	K_{oc}	K_H	Esp.	DT_{50solo}	$DT_{50água}$	Análise USEPA	LOG GUS	Análise GUS	
Azoxistrobina	N	A	A	N	A	A	CP	2,53	FT	CP
Acefato	A	A	A	N	N	N	IN	1,76	LN	NC
Bifentrina	N	N	I	I	A	I	-	-2,2	LN	I

Legenda: A: atende ao critério USEPA; N: não atende ao critério USEPA; CP: contaminante em potencial - alaranjado; IN: intermediário potencial de contaminação - amarelo; NC: não contaminante - verde; I: inconclusivo (dado não disponível) - azul; PL: provável lixiviação - laranja; FT: faixa de transição - amarelo; LN: lixiviação nula - verde.

Fonte: Autoria própria (2020)

.

Então, para análise qualitativa do potencial de contaminação das águas subterrâneas por estes princípios ativos analisados, foi estipulado um risco médio da classificação do princípio ativo. Utilizando novamente o glifosato como exemplo, o mesmo foi considerado como intermediário potencial de contaminação, pois pela USEPA ele é CP e pelo Índice GUS ele é LN, então considerou-se como intermediário potencial e para todos os outros foi considerado esta mesma forma de análise.

Assim, de acordo com dados obtidos no Quadro 7 pode-se verificar que dos princípios ativos de agrotóxicos avaliados, tem-se:

- Intermediário potencial de contaminação das águas subterrâneas na bacia (IN): Equivalente ácido de Glifosato, Glifosato, Glifosato de Potássio, Paraquate, Cletodim e Sal de Potássio de Glifosato;
- Contaminante em potencial de contaminação das águas subterrâneas na bacia (CP): Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina), Atrazina, 2,4-D, equivalente ácido de 2,4-D, Tiametoxam, Imidacloprido, Protioconazol e Azoxistrobina;
- Não contaminante das águas subterrâneas na bacia (NC): Mancozebe, Lambda Cialotrina, Trifloxistrobina, Piraclostrobina e Acefato;
- Inconclusivos (I): nove foram inconclusivos devido a falta de dados sobre suas propriedades físico-químicas.

Sendo assim, de acordo com a avaliação qualitativa realizada, as áreas das culturas onde são aplicados os princípios ativos: Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); Atrazina; 2,4-D; Equivalente ácido de 2,4-D; Tiametoxam; Imidacloprido; Protioconazol e Azoxistrobina na Bacia do Alto Ivaí, possuem alto potencial para contaminação das águas subterrâneas de acordo com a metodologia qualitativa aplicada.

As culturas que utilizam estes princípios ativos de agrotóxicos são: soja, milho, trigo, feijão e aveia, ou seja, todas as culturas consideradas neste trabalho como principais cultivadas na região da Bacia do Alto Ivaí.

Em outros trabalhos como o desenvolvido por Milhome *et al*. (2009) na região do Baixo Jaguaribe, estado do Ceará, também considerou-se os princípios ativos paraquate, lambda, tiametoxam, atrazina, 2-4D, imidacloprido e axoxistrobrina como potencias contaminantes das águas superficiais e/ou subterrâneas, tendo como método de avaliação o mesmo desenvolvido nesta pesquisa. Os autores também demonstram a importância desta avaliação para subsídio aos órgãos ambientais

durante a execução de programas de monitoramento dos recursos hídricos e aos dados sobre qualidade de água da região.

Já o trabalho desenvolvido por Menezes (2006), que abrange o estado de Minas Gerais, onde aplicou-se o método de Goss para priorização de ações de vigilância da presença de agrotóxicos em águas superficiais, constatou-se que as fiscalizações e o controle do uso de agrotóxicos na agricultura brasileira ainda são precários, bem como o monitoramento de agrotóxicos em mananciais para abastecimento humano, seja por limitações técnicas, materiais ou de pessoal.

Barreto (2006) analisou amostras de águas de poços do Aquífero Serra Grande em Tianguá (CE), onde 82% das amostras apresentaram contaminação por atrazina e simazina em níveis de concentração acima do limite estabelecido pela legislação brasileira (2 µg L-1).

No Paraná, Vieira *et al.* (2015) avaliaram a contaminação por 33 agrotóxicos em amostras de água de poço artesiano na cidade de Nova Prata do Iguaçu e em amostras de água superficial na cidade de Salto do Lontra e evidenciaram a presença de atrazina e 2,4 D em pelo menos duas amostras analisadas. Já Cabrera *et al.* (2016) analisou 28 agrotóxicos em amostras de águas superficiais nos mananciais de abastecimento dos municípios de Santa Isabel do Oeste, Planalto e Ampére, o qual apresentou a presença de oito princípios ativos: atrazina, penoxulam, epoxiconazol, simazina e iprodiona, malationa e fipronil e tebuconazol.

6.4 Identificação dos Munícipios pertencentes a Bacia do Alto Ivaí com maior risco de contaminação por agrotóxicos

A partir das avaliações qualitativas do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelos princípios ativos mais utilizados na Bacia do Alto Ivaí, foi realizada uma análise dos dados obtidos com o objetivo de relacionar-se as principais culturas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí, os principais agrotóxicos utilizados em cada uma das culturas e o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Os resultados dessa análise são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí, bem como relação com a aplicação nas culturas

(continua)

Princípio Ativo	Contaminação de águas superficiais		Contaminação de águas subterrâneas	Principais Culturas desenvolvidas na bacia que aplicam o princípio ativo				
	Associado ao sedimento	Dissolvido em água		Soja	Milho	Trigo	Feijão	Aveia
Equivalente ácido de Glifosato	MP	MP	MP	X	X	X	X	-
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	BP	MP	CP	X	X	X	X	-
Glifosato	MP	MP	IN	X	X	X	X	-
Glifosato Potássico	MP	MP	IN	X	X	X	X	-
Paraquate	AP	MP	IN	-	X	-	-	-
Atrazina	MP	AP	CP	X	X	X	X	-
2,4-D	BP	MP	CP	X	X	X	-	X
Cletodim	BP	MP	IN	X	X	X	X	X
Equivalente ácido de 2,4-D	BP	MP	CP	X	X	X	-	-
Sal de Potássio de Glifosato	MP	MP	IN	X	X	-	X	-
Diurom	AP	AP	I	X	X	X	X	X
Mancozebe	BP	MP	NC	X	X	X	X	X
Lambda Cialotrina	MP	AP	NC	X	X	X	-	X
Tiametoxam	MP	AP	CP	X	X	X	X	X
Imidacloprido	MP	AP	CP	X	X	X	X	X
Beta-Ciflutrina	I	I	I	X	X	X	X	X
Carbendazim	MP	MP	I	X	X	X	X	-
Fluxapiroxade	I	I	I	X	X	X	X	-
Trifloxistrobina	MP	MP	NC	X	X	X	X	-
Piraclostrobina	MP	MP	NC	X	X	X	-	-
Ciproconazol	I	I	I	X	X	X	X	-
Tebuconazol	I	I	I	X	X	X	-	-
Epoxiconazol	MP	MP	I	X	X	X	X	X
Picoxistrobina	I	I	I	X	X	X	X	X
Protioconazol	AP	AP	CP	X	X	X	X	X

Quadro 8 - Potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelos princípios ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí, bem como relação com a aplicação nas culturas

(conclusão)

Princípio Ativo	Contaminação de águas superficiais		Contaminação de águas subterrâneas	Principais Culturas desenvolvidas na bacia que aplicam o princípio ativo				
	Associado ao sedimento	Dissolvido em água		Soja	Milho	Trigo	Feijão	Aveia
Azoxistrobina	MP	AP	CP	X	X	X	X	-
Acefato	BP	MP	NC	X	X	X	X	-
Bifentrina	MP	MP	I	X	X	X	-	-

LEGENDA: AP: alto potencial - laranja; MP: médio potencial - amarelo; BP: baixo potencial - verde; I: inconclusivo potencial de contaminação - azul; CP: contaminante em potencial das águas subterrâneas - vermelho; IN: intermediário potencial de contaminação das águas subterrâneas - azul; NC: não contaminante das águas subterrâneas - verde.

Fonte: Autoria própria (2020).

Sendo assim, das culturas avaliadas as que mais possuem potencial de contaminação das águas superficiais, respectivamente são: milho e trigo. Já as culturas que tem maior potencial de contaminação das águas subterrâneas são: soja, milho e trigo.

Vale salientar novamente que estas avaliações realizadas foram de caráter qualitativo, é importante que seja feito também uma avaliação quantitativa e também levar em consideração o volume aplicado, estas recomendações foram avaliadas apenas na metodologia qualitativa realizada.

Então a partir destes dados foi identificado quais municípios na Bacia do Alto Ivaí possuem maior potencial para contaminação das águas superficiais e subterrâneas a partir da localização da área plantada de cada cultura que utiliza estes princípios ativos.

Para se determinar com precisão os pontos prioritários para monitoramento destes princípios ativos na Bacia do Alto Ivaí a partir dos dados obtidos, sugere-se que seja realizado a elaboração de uma análise multicritério a qual usaria de base de dados, critérios como: áreas de plantio das culturas desenvolvidas, aplicação de princípios ativos nas culturas, volume de princípio ativo utilizado por área, declividade e precipitação.

Então a determinação dos municípios prioritários para implantação de pontos de monitoramento proposto por esta pesquisa, foi realizada levando em consideração dados obtidos através desta pesquisa como os apresentados nos itens a seguir.

a) Pontos de captação para abastecimento público

Na Bacia do Alto Ivaí existem alguns municípios que utilizam mananciais superficiais da bacia para abastecimento público, sendo a captação realizada pela SANEPAR, tais como:

- Córrego Carpinteiro - município de Borrazópolis;
- Rio Coleixo - município de Cândido de Abreu;
- Ribeirão Bolívar - município de Cianorte;
- Rio São Joaquim - município de Corumbataí do Sul;
- Rio São Pedro - município de Faxinal;
- Arroio do Passarinho - município de Ivaí;
- Rio Pindaúva - município de Ivaiporã;

- Rio Marumbi - município de Jandaia do Sul;
- Córrego Guaritá - município de Lunardelli;
- Ribeirão Palmital - município de Paraíso do Norte;
- Ribeirão das Araras - município de Paranavaí;
- Ribeirão Floresta - município de Paranavaí;
- Rio Ernesto - município de Pitanga;
- Rio Escrita - município de Rosário do Ivaí;
- Rio Macaco - município de São João do Ivaí;
- Rio do Campo – município de Campo Mourão;
- Ribeirão Figueira - município de Terra Boa;

Além dos serviços Autônomos de Água e Esgoto, nos municípios de Boa Ventura de São Roque, Peabiru, Marialva, Kaloré e Marumbi.

b) Utilização de pontos de monitoramento já existentes

Na Bacia do Alto Ivaí existem estações fluviométricas que realizam a análise de parâmetros de qualidade de água, com dados disponibilizados no site do Instituto Água e Terra (IAT) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), dentre elas: Salto Natal, Barbosa Feraz, Vila Rica, ETA Pitanga, Porto Monteiro, Quinta do Sol, São Pedro, Porto Bananeira, Ponte BR 466, Tereza Cristina, Ubá do Sul, ETA Campo Mourão, Porto Espanhol e Rio dos Patos.

Sendo assim, seria interessante utilizar esses pontos de monitoramento já existentes que atualmente não contemplam essas análises de agrotóxicos em água para incluir estes parâmetros, o que ajuda na logística e facilita as coletas.

c) Áreas de intensa atividade agropecuária e uso de agrotóxicos

De acordo com os dados do SIAGRO, no ano de 2018 na região da Bacia do Alto Ivaí foram consumidos o total de 17968 toneladas de agrotóxicos (Quadro 9).

Quadro 9 – Volume de agrotóxicos comercializados nos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí – Ano: 2018

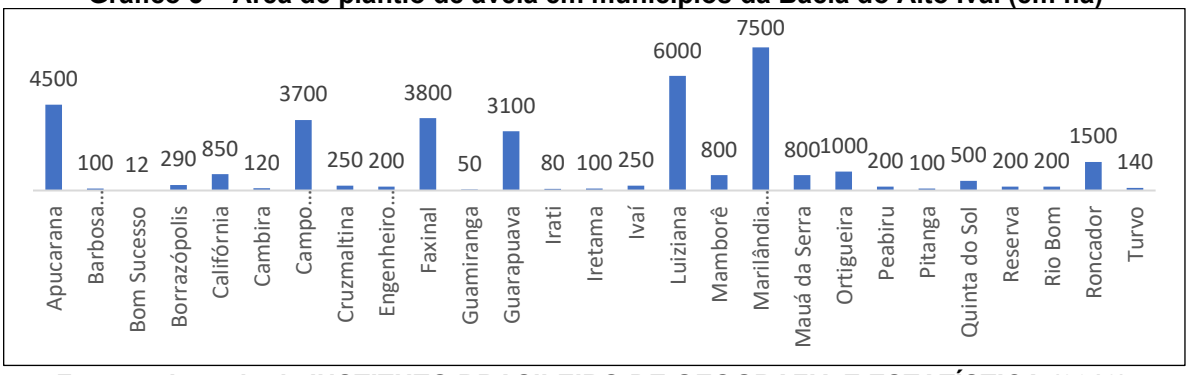
Município	Volume (ton.)	Município	Volume (ton.)
Apucarana	304,1	Lidianópolis	124,1
Arapuã	163,0	Luiziana	783,4
Ariranha do Ivaí	167,3	Lunardelli	113,7
Barbosa Ferraz	235,3	Mamborê	1.020,9
Boa Ventura de São Roque	314,4	Mandaguari	127,1
Bom Sucesso	157,1	Manoel Ribas	396,8
Borrazópolis	314,1	Marialva	450,2
Califórnia	95,8	Marilândia do Sul	378,0
Cambira	117,6	Maringá	401,3
Campo Mourão	775,3	Marumbi	96,9
Cândido de Abreu	363,0	Mato Rico	95,4
Corumbataí do Sul	53,7	Mauá da Serra	61,8
Cruzmaltina	242,3	Nova Tebas	152,3
Engenheiro Beltrão	512,5	Novo Itacolomi	63,5
Faxinal	421,4	Ortigueira	400,6
Fênix	232,4	Peabiru	518,0
Floresta	198,4	Pitanga	691,0
Godoy Moreira	37,7	Prudentópolis	695,6
Grandes Rios	65,6	Quinta do Sol	390,8
Guamiranga	104,5	Reserva	272,3
Guarapuava	1.759,7	Rio Bom	83,4
Irati	503,3	Rio Branco do Ivaí	206,3
Iretama	186,2	Roncador	438,0
Itambé	299,1	Rosário do Ivaí	90,3
Ivaí	313,7	Santa Maria do Oeste	251,8
Ivaiporã	313,2	São João do Ivaí	403,4
Jandaia do Sul	82,7	São Jorge do Ivaí	236,6
Jardim Alegre	194,3	Sarandi	88,2
Kaloré	205,5	Turvo	203,1
Total		17968 Toneladas	

Legenda: em destaque na tabela os maiores consumidores de agrotóxicos
Fonte: SISTEMA DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS ADAPAR (2018).

Em relação às culturas que utilizam os princípios ativos com potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, observou-se que todos os municípios possuem plantio de uma ou mais destas culturas, porém analisando-se os municípios com maior área de plantio, pode-se identificar os principais.

No Gráfico 5, identifica-se que os municípios com maiores áreas de plantio de aveia são Marilândia do Sul, Luiziana, Apucarana, Campo Mourão, Faxinal, Guarapuava e Roncador.

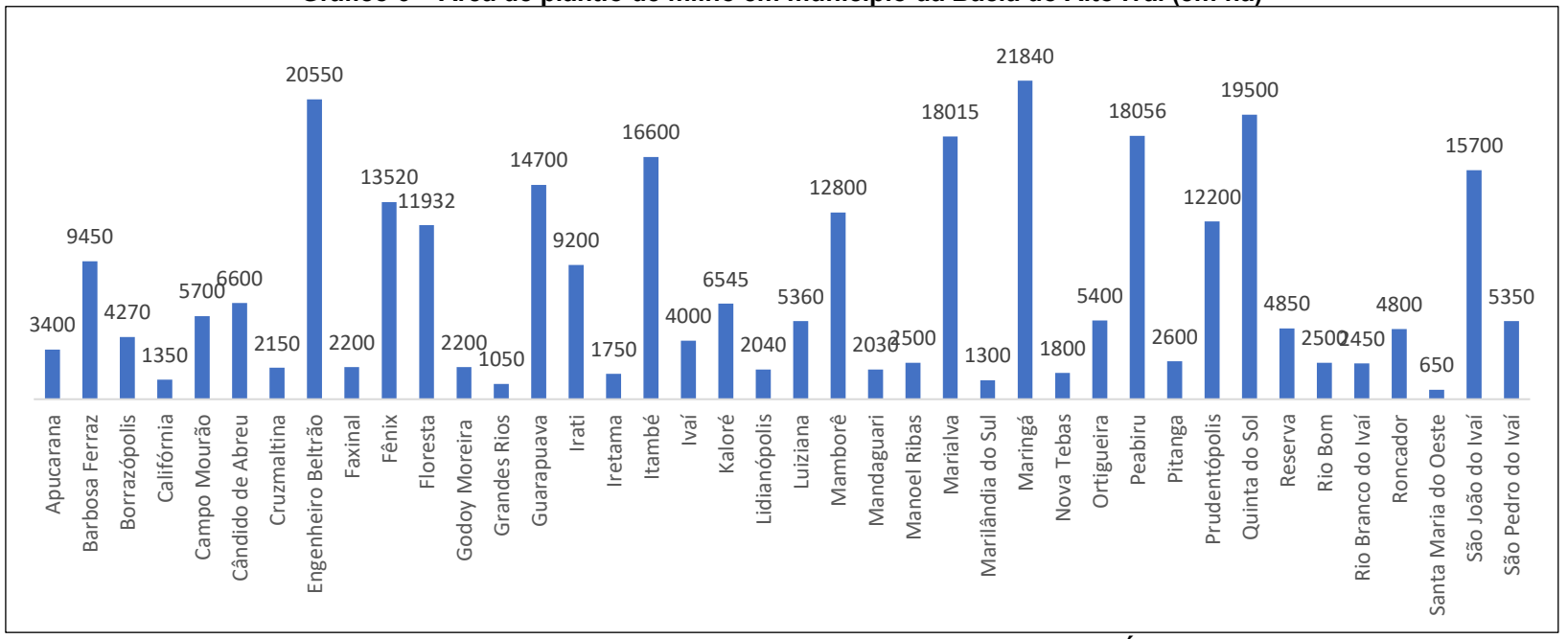
Gráfico 5 – Área de plantio de aveia em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha)



Fonte: adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018).

No Gráfico 6, pode-se identificar que os municípios que possuem maiores áreas de plantio de milho são Barbosa Ferraz, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Engenheiro Beltrão, Fênix, Floresta, Guarapuava, Irati, Itambé, Laloré, Luiziana, Mamborê, Marialva, Maringá, Ortigueira, Peabiru, Prudentópolis, Quinta do Sol, São João do Ivaí e São Pedro do Ivaí.

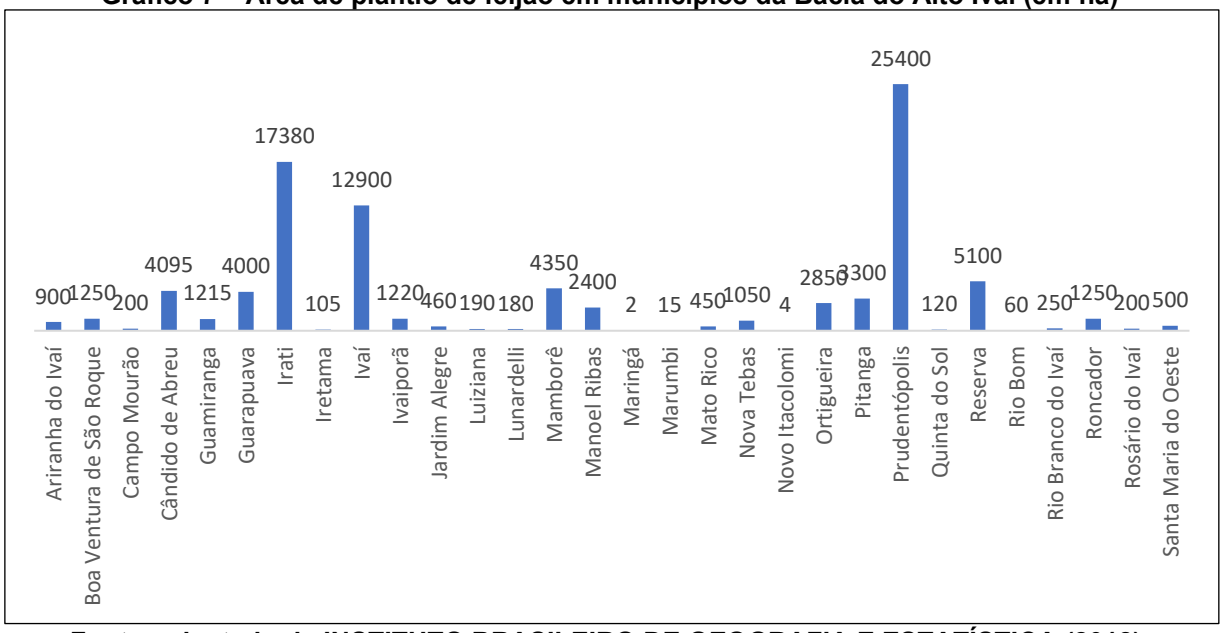
Gráfico 6 – Área de plantio de milho em município da Bacia do Alto Ivaí (em ha)



Fonte: adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018).

No Gráfico 7, pode-se identificar que os municípios com maiores áreas de plantio de feijão são Prudentópolis, Irati e Ivaí.

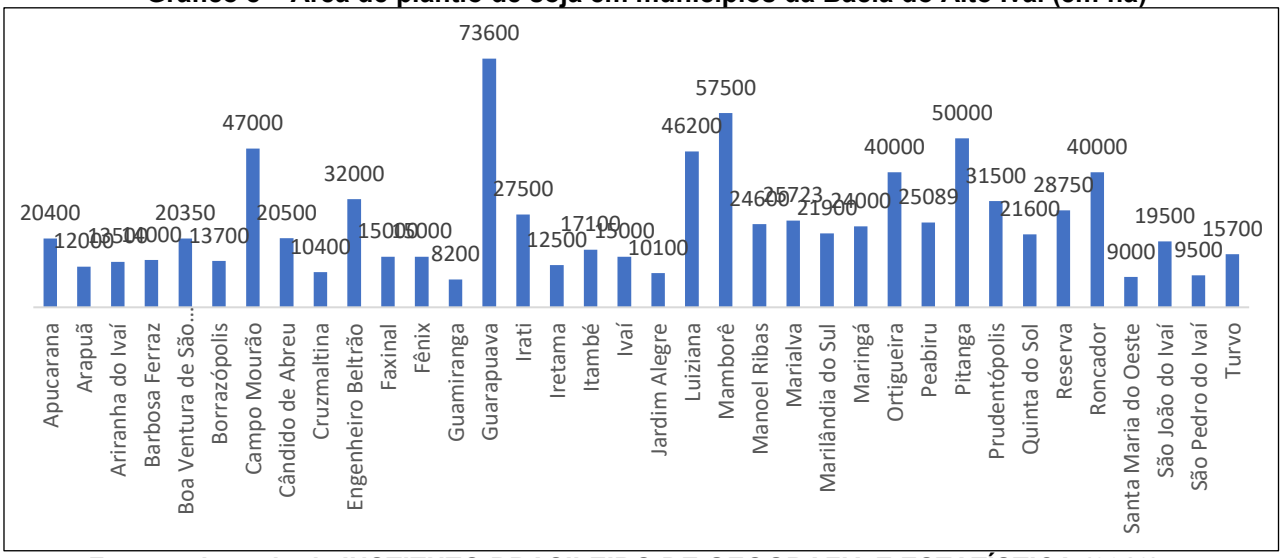
Gráfico 7 – Área de plantio de feijão em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha)



Fonte: adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018).

No Gráfico 8, pode-se identificar que os municípios com maiores áreas de plantio de soja são Campo Mourão, Engenheiro Beltrão, Guarapuava, Luiziana, Mamborê, Ortigueira, Pitanga, Prudentópolis e Roncador.

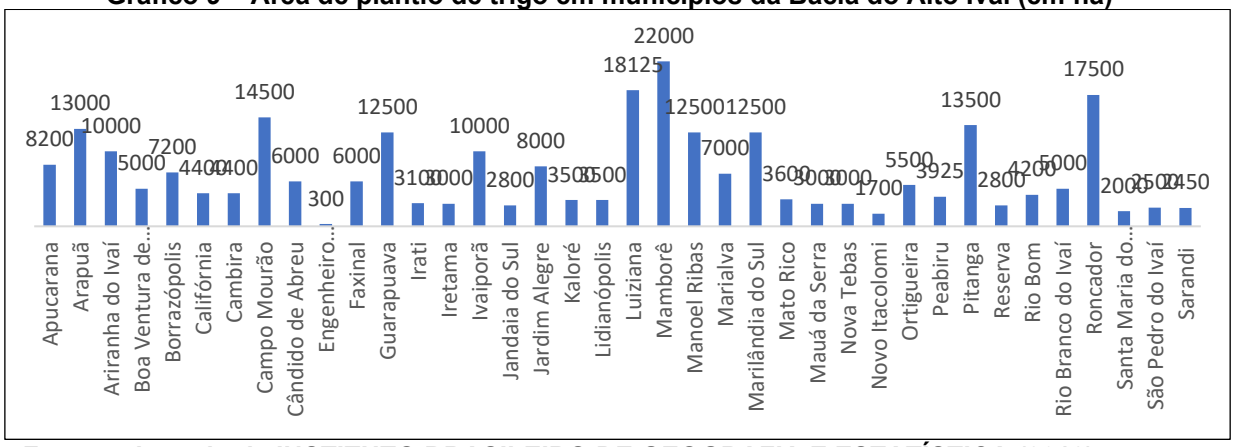
Gráfico 8 – Área de plantio de soja em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha)



Fonte: adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018).

No Gráfico 9, pode-se identificar que os municípios com maiores áreas de plantio de trigo são Arapuã, Campo Mourão, Guarapuava, Luiziana, Mamborê, Manoel Ribas, Marilância do Sul, Pitanga e Roncador.

Gráfico 9 – Área de plantio de trigo em municípios da Bacia do Alto Ivaí (em ha)

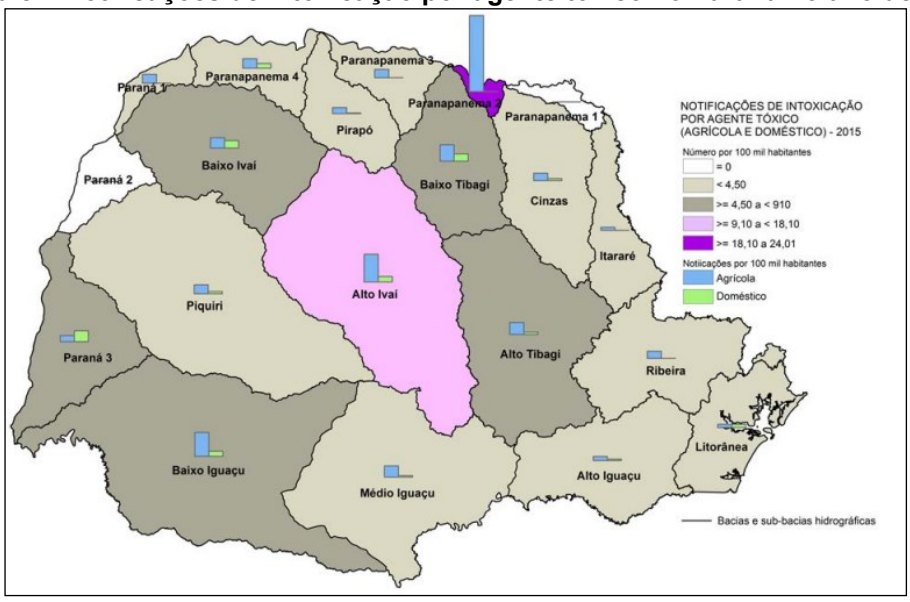


Fonte: adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018).

d) Áreas onde há maior número de notificação de intoxicação por agrotóxicos;

Segundo o Sistema de Informação de Agravos de Notificação da Secretaria Estadual de Saúde do Paraná, em 2015 a região da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí ficou em segundo lugar em relação à taxa de notificação de intoxicação por agente tóxico (Figura 8).

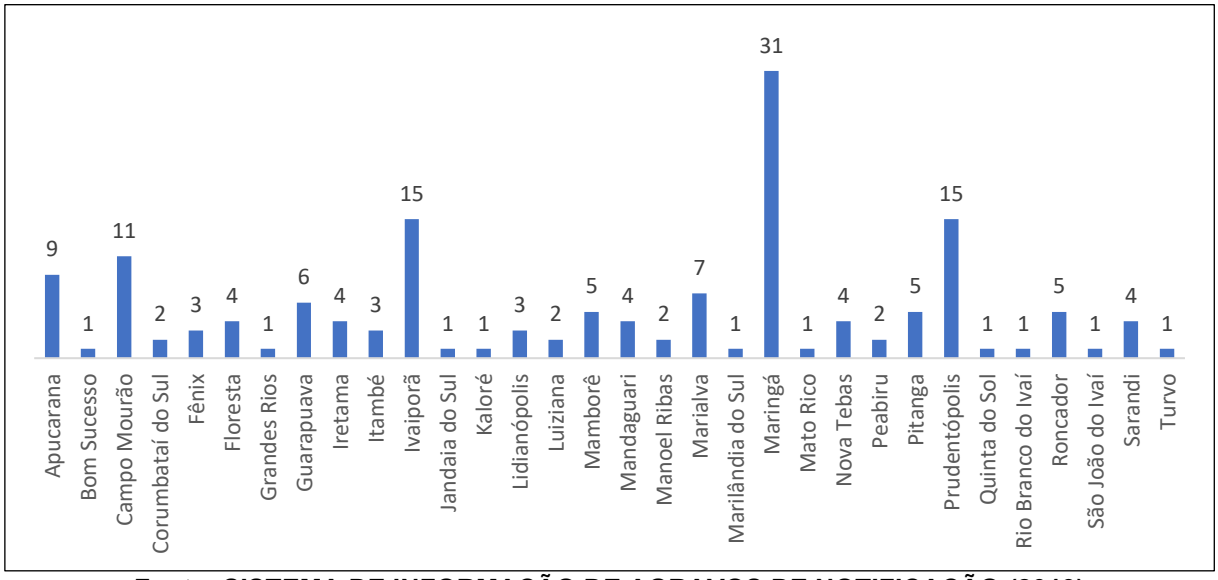
Figura 8 – Notificações de intoxicação por agente tóxico no Paraná no ano de 2015



Fonte: Adaptado de INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (2019); SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO (2019); Base Cartográfica: ITCG (2014).

No Gráfico 10 pode-se verificar que no ano de 2019, segundo o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), a Bacia do Alto Ivaí teve total de 156 notificações de intoxicação por agrotóxicos, sendo os municípios de Apucarana, Campo Mourão, Guarapuava, Ivaiporã, Marialva, Maringá, e Prudentópolis os que mais apresentaram notificações.

Gráfico 10 – Número de notificações por agrotóxicos municípios pertencentes a Bacia do Alto Ivaí - 2019



Fonte: SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO (2019)

Assim, após a análise de todos os fatores aqui considerados, sugere-se no Quadro 10, os princípios ativos e municípios prioritários para implantação de pontos de monitoramento da qualidade da água em relação aos resíduos de agrotóxicos.

Quadro 10 – Proposta dos princípios ativos e municípios prioritários para implantação de pontos de monitoramento da qualidade da água em relação aos resíduos de agrotóxicos ao longo da Bacia do Alto Ivaí

(continua)

Município	Princípio Ativo (Agrotóxico)										
	Paraquate	Atrazina	Diurom	Lambda Cialotrina	Imidacloprido	Tiametoxam	Protioconazol	Azoxistrobina	Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxi acético (2,4-D Amina)	2,4 D	Equivalente ácido de 2,4-D
Apucarana			x	x	X	X	x			x	
Arapuã		x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Barbosa Ferraz	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Campo Mourão	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Cândido de Abreu	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Engenheiro Beltrão	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Faxinal			x	x	X	X	x			x	
Fênix	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Floresta	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Guarapuava	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Irati	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Itambé	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Kaloré	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Luiziana	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Mamborê	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Manuel Ribas	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x
Marilândia do Sul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Maringá	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Quadro 10 – Proposta dos princípios ativos e municípios prioritários para implantação de pontos de monitoramento da qualidade da água em relação aos resíduos de agrotóxicos ao longo da Bacia do Alto Ivaí

(conclusão)

Município	Princípio Ativo (Agrotóxico)										
	Paraquate	Atrazina	Diurom	Lambda Cialotrina	Imidacloprido	Tiametoxam	Protioconazol	Azoxistrobina	Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	2,4 D	Equivalente ácido de 2,4-D
Ortigueira	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Peabiru	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pitanga	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Prudentópoilis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Quinta do Sol	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Roncador	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
São João do Ivaí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
São Pedro do Ivaí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: Autoria propria (2020).

Portanto, ficam propostos estes municípios como prioritários para que sejam realizados monitoramentos de resíduos de agrotóxicos na Bacia do Alto Ivaí, por apresentarem risco potencial associado ao uso de agrotóxicos. É muito importante que estes pontos contemplem tanto coletas de águas superficiais como águas subterrâneas.

Para definição dos pontos exatos nestes locais para instalação de pontos de monitoramento, faz-se necessário um estudo complementar levando em consideração análise multicritério, levando em considerações critérios importantes como: declividade, volume de agrotóxicos aplicados, precipitação, pontos de captação para abastecimento, logística, presença de uma estação de monitoramento pré-existente, entre outros.

6.5 Relatório técnico constando as informações e resultados obtidos

Os resultados da presente pesquisa foram transformados em um relatório técnico, que poderá servir como ferramenta ao Comitê da Bacia do Alto Ivaí na elaboração do Plano de Recursos Hídricos que ainda não foi realizado. Segundo a Lei nº 9.433/1997 os Planos de Recursos Hídricos devem realizar o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos pertencentes a bacia, o que também inclui a qualidade da água e seus usos múltiplos.

O referido relatório também pode servir como subsídio em tomadas de decisões pelo Comitê da bacia, e para que haja o controle dos resíduos de agrotóxicos na água, garantindo a saúde da população e a preservação do meio ambiente.

Esta pesquisa demonstrou através de avaliação qualitativa, que existe alto potencial de contaminação das águas na Bacia do Alto Ivaí por resíduos de agrotóxicos, ressaltando ainda a importância da inclusão destes parâmetros no monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. É importante lembrar que estes contaminantes causam graves danos à saúde pública e também ao meio ambiente, interferindo em toda cadeia alimentar, além disso, o uso de agrotóxicos no Brasil só vem aumentando ao longo dos anos.

7 PRODUTO

Os resultados da presente pesquisa foram transformados em um relatório técnico o qual está disponível de forma gratuita para download no repositório da Biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no link http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/.

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar um panorama geral do potencial de contaminação por agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas da Bacia do Alto Ivaí, o qual servirá como um instrumento informativo à comunidade e ao Comitê da Bacia para auxiliar na elaboração do Plano de Recursos Hídricos que ainda não foi realizado.

8 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa exploratória e qualitativa realizada, foi identificado que as principais culturas desenvolvidas na Bacia do Alto Ivaí são: soja, milho, trigo, feijão e aveia. Além disso, dos 28 princípios ativos mais utilizados no Paraná, todas culturas utilizam um ou mais desses princípios ativos.

Em relação ao potencial de contaminação realizado, concluiu-se que os princípios ativos de agrotóxicos com maior potencial de contaminação das águas subterrâneas a partir da avaliação qualitativa são: Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); atrazina; 2,4-D; equivalente ácido de 2,4-D; tiametoxam; imidacloprido; protioconazol e azoxistrobina. Já os princípios ativos de agrotóxicos com maior potencial de contaminação das águas superficiais são: paraquate, diurom e protioconazol junto ao sedimento e atrazina; diurom; lambda cialotrina; tiametoxam; imidacloprido; protioconazol e azoxistrobina dissolvidos em água.

Sendo assim, os municípios onde existem grandes áreas de cultivo destas culturas que aplicam estes princípios ativos possuem maior potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos, consequentemente, são municípios prioritários que necessitam de monitoramento, são eles: Apucarana, Arapuã, Barbosa Ferraz, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Engenheiro Beltrão, Faxinal, Fênix, Floresta, Guarapuava, Irati, Itambé, Kaloré, Luiziana, Mamborê, Manuel Ribas, Marilândia do Sul, Maringá, Ortigueira, Peabiru, Pitanga, Prudentópolis, Quinta do Sol, Roncador, São João do Ivaí e São Pedro do Ivaí.

Por fim, esta pesquisa desenvolvida poderá servir como fonte de informação à sociedade e ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, na elaboração do Plano da Bacia, que ainda está em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ. **Pesquisa Agrotóxicos**. Disponível em: http://www.adapar.pr.gov.br/Pagina/Pesquisa-Agrotoxicos. Acesso em: 28 jul. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS**. Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água - RNQA.** Disponível em: https://www.ana.gov.br/monitoramento. Acesso em: 20 fev. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS**. Resolução nº 903, de 22 de julho de 2013**. Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA e estabelece suas diretrizes. Brasil, 22 jul. 2013. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf. Acesso em: 6 fev. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **AGROTÓXICOS**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas-por-letra. Acesso em: 12 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução-RE nº 2.080, de 31 de julho de 2019:** reclassificação toxicológica de acordo com o disposto na Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 294, de 29 de julho de 2019, baseada nos critérios definidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). 2019a. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-re-n-2080-de-31-de-julho-de-2019-208203097. Acesso em: 21 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Monografias autorizadas.** 2020. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas. Acesso em: 12 jun. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Novo Marco Regulatório para a Avaliação Toxicológica de Agrotóxicos**. 2019b. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/perguntasfrequentes/agrotoxicos/novo-marco-regulatorio/novo-marco-regulatorio. Acesso em: 13 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos da Anvisa, 2017-2018.** Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3772json-file-1. Acesso em: 21 ago. 2020.

BARCELÓ, D.; HENNION, M.C. **Trace determination of pesticides and their degradation products in water**. Techniques and instrumentation in analytical chemistry. 1st Edition. New York: Elsevier, 1997.

BARRETO, F. M. S. **Contaminação da água subterrânea por pesticida e nitrato no município de Tianguá, Ceará**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) -

Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017:** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 15 fev. 2019.

CABRERA, L. C. *et al.* Avaliação da contaminação por agrotóxicos em amostras de água de mananciais da região sudoeste do Paraná. *In*: XV encontro anual de iniciação científica da UNIPAR. **Anais do [...]**. Umuarama, PR, 2016.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ**. Resolução nº 49, de 20 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a instituição de Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. PARANÁ, Disponível em: http://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/r492006.pdf. Acesso em: 14 jan. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 18 mar. 2005. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459. Acesso em: 10 ago. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasil, 3 abr. 2008. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562. Acesso em: 10 ago. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneas. Brasil, 5 nov. 2008. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf. Acesso em: 21 fev. 2019.

DEUBERT, K. H. Environment fate of common turf pesticides: factors leading to leaching. USGA Green Section Record**. Ann Arbor**, v. 28, n. 4, p. 5-8, 1990.

D'AMATO, C.; TORRES, M. P. J.; MALM, O. DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): Toxicidade e contaminação ambiental uma revisão. **Quím. Nova**, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002**.** Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422002000600017&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 18 jan. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, RJ. 2006. Disponível em:

https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/338818/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos. Acesso em: 18 jun. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípios e recomendações**. 2004. Disponível em: https://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_42.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

FÉLIX, F.F.; NAVICKIENE, S.; DOREA, H.S. Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's) como Indicadores da Qualidade dos Solos. **Revista Fapese**, v. 3, n. 2, p. 39-62, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/19511369/Poluentes_Org%C3%A2nicos_Persistentes_POPs_como_Indicadores_da_Qualidade_dos_Solos. Acesso em: 12 jan. 2020.

FLAESCHEN, J. H. F.**O MÉTODO DE ATMOSFERA ANÓXIA:** Tratamento atóxico para a desinfestação de acervos bibliográficos. 2009. Monografia (Especialização em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de C&T, 2009. Disponível em: https://www.bn.gov.br/sites/default/files/documentos/producao/monografia/metodo-atmosfera-anoxia-tratamento-atoxico-desinfestacao/monografia_jandira_flaeschen.pdf. Acesso em: 14 jan. 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo?** 2019. Disponível em: https://cee.fiocruz.br/?q=node/1002#:~:text=Na%20lista%20o%20Brasil%20fica,da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20agr%C3%ADcola%20como%20refer%C3%AAncia. Acesso em: 21 Ago. 2019.

DORES, E. F. G. de; 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**. v. 24, n. 2, p. 27-36, 2001.

GUSTAFSON, D.I. Groundwater Ubiquity Score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 339-357, 1989.

HABIB, Mohamed. **Agrotóxicos e a poluição das águas.** 2012. Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2012/08/24/agrotoxicos-e-a-poluicao-das-aguas/#:~:text=Maior%20parte%20dos%20agrot%C3%B3xicos%20n%C3%A3o,traz%20graves%20riscos%20%C3%A0%20sa%C3%BAde&text=Ent%C3%A3o%2C%20pode%2Dse%20dizer%20que,%C3%A1gua%20subterr%C3%A2nea%E2%80%9D%2C%20afirma%20Habib. Acesso em: 14 jan. 2019.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná - Série Histórica**. 2019. Disponível em: http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico. Acesso em: 19 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE. **Boletim de Comercialização de Agrotóxicos e Afins:** Vendas de Agrotóxicos e Afins por Classe de Periculosidade

Ambiental - 2018. Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios. Acesso em: 10 jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria nº 84, de 15 de outubro de 1996**. BRASIL, Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/mma_ibama/1996/prt0084_15_10_1996.html. Acesso em: 14 jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CIDADES E ESTADOS.** 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio. Acesso em 15 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do Saneamento 2011: Saneamento e meio ambiente.** [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap3.pdf. Acesso em: 15 out. 2018.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável por Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná.** 2017. Disponível em: http://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/Revista%20Indicadores%20de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel.pdf. Acesso em: 7 fev. 2020.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2011/09/Agrotoxicos-no-Brasil-mobile.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

LOURENCETTI, C., *et al*. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. Pesticidas: **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 1-14, 2005.

LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. de. Dinâmica de agrotóxicos no ambiente. *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (org.). **Fórum Nacional de Secretários de Agricultura**. Programa de Defesa Ambiental Rural – textos orientadores. 2002.

LYMAN, W. J.; REEHL, W. F.; ROSENBLATT, D. H. **Handbook of chemical property estimation methods: Environmental behavior of organic compounds**. New York: McGraw- Hill, Inc. American Chemical Society. p.752, 1982.

MARKING, L.L. Toxicity of chemical mistures. *In*: G.M. Rand & S.R. Petrocelli, (eds.), **Fundamentals of aquatic toxicology**: methods and applications. Hemishpere, New York., 1985.

MARQUES, M.N. **Avaliação do impacto de agrotóxico 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. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MELO, O. A. G. **Modelagens hidrológicas aplicadas à análise do escoamento superficial da bacia do Rio Ivaí-PR.** 2017. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, PR, 2017. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/dissertacoes_teses/tese_odirlei_aparecido_gaspar_melo.pdf. Acesso em: 14 ago. 2020.

MENEZES, T. C. **Método para priorização de ações de Vigilância da presença de Agrotóxicos em águas superficiais: Um estudo em minas gerais.** 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/203M.PDF. Acesso em: 23 jan. 2020.

MENEZES, T. C; HELLER, L. Proposta de metodologia para priorização de sistemas de abastecimento de água para a vigilância da presença de agrotóxico. *In*: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. **Anais do [...].** Disponível em: https://docplayer.com.br/42223549-Vii-proposta-de-metodologia-para-priorizacao-de-sistemas-de-abastecimento-de-agua-para-a-vigilancia-da-presenca-de-agrotoxico.html. Acesso em: 23 jan. 2020.

MILHOME, M. A. L., *et al.* Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Eng. Sanit. Ambient**., v 14, n. 3, 2009. Disponível em https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000300010. Acesso em: 24 jun. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **SisÁgua**. 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 15 fev. 2019.

NIMMO, D. R. Pesticides. *In*: G.M. Rand & S.R. Petrocelli, (eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology methods and applications**. Hemisphere, New York, 1985, p. 335-373.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. e*t al.* Sistema de Información de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Sisagua): características, evolución y aplicabilidade. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 28, n.1, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-96222019000101200#:~:text=N%C3%A3o%20h%C3%A1%20informa%C3%A7%C3%B5es%20sobre%20o,abastecimento%20cadastrada%20no%20Sisagua%204.&text=Utilizar%20os%20dados%20de%20qualidade,as%20doen%C3%A7as%20de%20veicula%C3%A7%C3%A3o%20h%C3%ADdrica. Acesso em: 27 ago. 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos.** 1997. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=301-manual-vigilancia-da-saude-populacoes-expostas-a-agratoxicos-1&category_slug=saude-e-ambiente-707&Itemid=965. Acesso em: 17 jan. 2020.

PARANÁ. **Intoxicações Agudas por Agrotóxicos: Atendimento Inicial do Paciente Intoxicado.** 2018. Disponível em: https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/intoxicacoesagudasagrotoxicos2018.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.

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**, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias hidrográficas:** série histórica. 2ª ed. Disponível em: https://www.paranagua.pr.gov.br/imgbank2/file/meio_ambiente/material-didatico/Revista_Bacias_Hidrograficas_2015.pdf. Acesso em: 23 jan. 2020.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DO TURISMO DO PARANÁ**. Descrição e diagnóstico da unidade hidrográfica do Alto Ivaí com vistas à criação do comitê de bacia.** 2012. Disponível em: http://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/CERH_-_20_RO/descricao_diagnostico_alto_ivai.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DO TURISMO DO PARANÁ. **JUSTIFICATIVA PARA CRIAÇÃO DO COMITÊ DA BACIA DO ALTO IVAÍ.** 2019. Disponível em: http://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-11/justificativa_criacao_comite_alto_ivai.pdf. Acesso em: 12 jan. 2020.

SILVA, J. M.; SANTOS, J. R. Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **Oecologia brasiliensis**, v.11, p.565-573, 2007.

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS ADAPAR. **Comércio e Uso de agrotóxicos no Paraná de 2013-2018**. Disponível em: http://www.saude.ufpr.br/portal/observatorio/wp-content/uploads/sites/12/2015/11/SIAGRO_Com%C3%A9rcio_Uso_agrot%C3%B3xicos_Paran%C3%A1_2013_2018-1.pdf. Acesso em: 6 jun. 2020.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO. **Intoxicação Exógena.** 2019. Disponível: http://portalsinan.saude.gov.br/intoxicacao-exogena . Acesso em: 18 set. 2020.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. 2020. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mp07.pdf. Acesso em: 19 jun. 2020.

TUNDISI, J. G.; SHASKRABA, M. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: Brazilian Academy of Sciences International Institute of Ecology and Backhaus Publishers, 1999. 585p.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA**. Office of Pesticide Programs. The Incorporation of Water Treatment Effects on Pesticide Removal and Transformations in Food Quality Protection Act (FQPA) Drinking Water Assessments.** Office of Pesticide Programs, Washington, D.C., 2001

VIEIRA, M. G. KOERICH *et al.* Análise de água superficial e subterrânea nas cidades de Nova Prata do Iguaçu e Salto do Lontra, no Paraná. *In:* XXII Encontro de Química da Região Sul. **Anais do [...].** Joinville, SC. 2015.

APÊNDICE A – Total de área plantada em hectares, na região da bacia do Alto Ivaí

Quadro 11 - Total de área plantada em hectares, na região da Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área plantada Lavoura temporária	Área plantada Lavoura permanente	Área plantada total (ha)
Apucarana	36686	1944	38630
Arapuã	26570	46	26616
Ariranha do Ivaí	26534	32	26566
Barbosa Ferraz	27014	227	27241
Boa Ventura de São Roque	28110	39	28149
Bom Sucesso	14867	68	14935
Borrazópolis	25711	156	25867
Califórnia	14487	174	14661
Cambira	14297	560	14857
Campo Mourão	71722	47	71769
Cândido de Abreu	37385	76	37461
Corumbataí do Sul	6429	327	6756
Cruzmaltina	13747	72	13819
Engenheiro Beltrão	58229	46	58275
Faxinal	27208	51	27259
Fênix	30822	16	30838
Floresta	24755	6	24761
Godoy Moreira	7144	26	7170
Grandes Rios	7413	1706	9119
Guamiranga	14313	231	14544
Guarapuava	129969	1604	131573
Irati	62576	543	63119
Iretama	17485	85	17570
Itambé	35815	5	35820
Ivaí	38053	258	38311
Ivaiporã	32663	571	33234
Jandaia do Sul	9564	598	10162
Jardim Alegre	21053	603	21656
Kaloré	21517	19	21536
Lidianópolis	11646	476	12122
Luiziana	75915	14	75929
Lunardelli	9367	119	9486
Mamborê	97557	1	97558
Mandaguari	11054	744	11798
Manoel Ribas	42357	24	42381

Quadro 11 – Total de área plantada em hectares, na região da Bacia do Alto Ivaí

conclusão.

Município	Área plantada Lavoura temporária	Área plantada Lavoura permanente	Área plantada total (ha)
Marilândia do Sul	43699	178	43877
Maringá	48998	190	49188
Marumbi	8036	48	8084
Mato Rico	13915	23	13938
Mauá da Serra	8259	80	8339
Nova Tebas	14450	68	14518
Novo Itacolomi	6886	430	7316
Ortigueira	55000	0	55000
Peabiru	47716	41	47757
Pitanga	70120	1513	71633
Prudentópolis	75925	1937	77862
Quinta do Sol	44545	14	44559
Reserva	42437	0	42437
Rio Bom	13215	97	13312
Rio Branco do Ivaí	15050	0	15050
Roncador	65424	47	65471
Rosário do Ivaí	3858	206	4064
Santa Maria do Oeste	12639	1522	14161
São João do Ivaí	38564	16	38580
São Pedro do Ivaí	24629	12	24641
Sarandi	12214	67	12281
Turvo	20548	415	20963
Total	**1868861**	**19113**	**1887974**

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018).

APÊNDICE B – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na bacia do Alto Ivaí

Quadro 12 – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área das principais culturas temporárias em hectares																				
	Abacaxi	Alho	Amendoim	Arroz	Aveia	Batata-doce	Batata-inglesa	Cana-de-açúcar	Cebola	Centeio	Cevada	Ervilha	Feijão	Fumo	Mandioca	Melancia	Melão	Milho	Soja	Tomate	Trigo	Triticale
Apucarana	-	-	7	4	4500	-	-	7	-	-	-	-	85	40	29	-	-	3400	20400	14	8200	-
Arapuã	-	-	1	-	-	-	-	300	-	-	-	-	140	-	25	-	-	1100	12000	4	13000	-
Ariranha do Ivaí	2	-	1	5	-	-	-	400	-	-	-	-	900	-	25	-	-	1700	13500	1	10000	-
Barbosa Ferraz	-	2	8	3	100	6	-	463	-	-	-	-	750	-	200	30	-	9450	14000	2	2000	-
Boa Ventura de São Roque	-	-	-	17	-	10	-	-	-	-	565	-	1250	-	60	8	-	800	20350	-	5000	50
Bom Sucesso	-	-	5	-	12	-	-	6970	-	-	-	-	8	-	10	-	-	2060	4000	2	1800	-
Borrazópolis	-	-	1	1	290	-	-	-	-	-	-	-	130	33	60	-	-	4270	13700	26	7200	-
Califórnia	-	6	8	6	850	-	-	-	-	-	-	-	28	4	20	-	-	1350	7800	15	4400	-
Cambira	-	1	5	4	120	1	-	595	-	-	-	-	20	-	9	6	-	2050	7080	6	4400	-
Campo Mourão	-	-	1	15	3700	3	-	20	-	-	-	-	200	-	80	1	-	5700	47000	2	14500	500
Cândido de Abreu	5	-	1	17	-	4	-	20	-	-	-	-	4095	-	125	2	-	6600	20500	16	6000	-
Corumbataí do Sul	1	1	5	-	-	50	-	-	-	-	-	-	120	-	100	1	-	1050	4000	1	1100	-
Cruzmaltina	-	-	-	2	250	8	-	50	-	-	-	-	5	-	30	-	-	2150	10400	52	800	-
Engenheiro Beltrão	-	-	1	-	200	2	-	5116	-	-	-	-	15	-	30	-	-	20550	32000	15	300	-
Faxinal	-	-	1	2	3800	30	-	50	-	-	-	-	45	-	70	-	-	2200	15000	10	6000	-
Fênix	-	-	1	-	-	-	-	2173	-	-	-	-	15	-	10	3	-	13520	15000	-	100	-

Quadro 12 – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área das principais culturas temporárias em hectares																				
	Abacaxi	Alho	Amendoim	Arroz	Aveia	Batata-doce	Batata-inglesa	Cana-de-açúcar	Cebola	Centeio	Cevada	Ervilha	Feijão	Fumo	Mandioca	Melancia	Melão	Milho	Soja	Tomate	Trigo	Triticale
Floresta	-	-	-	8	-	-	-	304	-	-	-	-	-	-	10	-	-	11932	12360	1	140	-
Godoy Moreira	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	140	-	-	2200	4000	2	600	-
Grandes Rios	-	-	1	20	-	-	-	20	-	-	-	-	370	-	30	-	-	1050	4000	22	1900	-
Guamiranga	-	1	-	15	50	-	-	5	35	-	-	-	1215	3096	100	15	-	850	8200	1	700	30
Guarapuava	-	11	3	15	3100	50	3280	3	280	480	16900	-	4000	-	150	6	1	14700	73600	90	12500	800
Irati	-	3	-	150	80	-	220	-	450	-	300	-	17380	3768	200	16	-	9200	27500	9	3100	200
Iretama	-	2	3	3	100	5	-	-	-	-	-	-	105	-	10	4	-	1750	12500	3	3000	-
Itambé	-	-	-	-	-	-	-	1675	-	-	-	-	-	-	15	-	-	16600	17100	-	425	-
Ivaí	-	-	-	35	250	-	-	66	10	10	50	-	12900	2525	130	35	-	4000	15000	12	3000	30
Ivaiporã	-	-	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1220	-	30	-	-	1900	19500	2	10000	-
Jandaia do Sul	-	-	1	-	-	-	-	1887	-	-	-	-	20	-	22	-	-	930	3900	4	2800	-
Jardim Alegre	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	460	-	45	-	-	2440	10100	3	8000	-
Kaloré	-	-	-	-	-	-	-	527	-	-	-	-	40	-	2	-	-	6545	10900	3	3500	-
Lidianópolis	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	170	-	30	-	-	2040	5900	-	3500	-
Luiziana	-	2	3	5	6000	-	-	20	-	-	-	-	190	-	10	-	-	5360	46200	-	18125	-
Lunardelli	-	-	1	5	-	-	-	190	-	-	-	-	180	28	30	-	-	2130	5000	3	1800	-
Mamborê	-	2	2	-	800	1	-	50	-	-	-	-	4350	-	50	2	-	12800	57500	-	22000	-
Mandaguari	-	-	7	-	-	15	-	1211	-	-	-	3	30	-	25	2	1	2030	5150	80	2500	-
Manoel Ribas	-	-	-	5	-	10	-	-	-	-	70	-	2400	-	160	12	-	2500	24600	-	12500	100

Quadro 12 – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área das principais culturas temporárias em hectares																				
	Abacaxi	Alho	Amendoim	Arroz	Aveia	Batata-doce	Batata-inglesa	Cana-de-açúcar	Cebola	Centeio	Cevada	Ervilha	Feijão	Fumo	Mandioca	Melancia	Melão	Milho	Soja	Tomate	Trigo	Triticale
Marialva	-	-	1	-	-	5	-	1889	-	-	-	-	-	-	60	7	-	18015	25723	-	7000	-
Marilândia do Sul	-	1	2	4	7500	41	-	-	4	-	-	-	-	92	10	-	-	1300	21900	145	12500	200
Maringá	-	-	7	-	-	-	-	909	-	-	-	2	2	-	137	-	1	21840	24000	-	2100	-
Marumbi	-	1	1	2	-	1	-	2988	-	-	-	-	15	3	6	-	-	412	2904	3	1700	-
Mato Rico	-	-	-	5	-	5	145	-	-	-	-	-	450	-	40	-	-	450	9200	-	3600	20
Mauá da Serra	-	-	1	-	800	18	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	60	4340	30	3000	-
Nova Tebas	8	-	1	5	-	-	-	20	-	-	-	-	1050	-	50	11	-	1800	8500	5	3000	-
Novo Itacolomi	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	25	3	-	-	1650	3500	3	1700	-
Ortigueira	-	1	-	50	1000	-	-	-	4	-	-	-	2850	20	60	-	-	5400	40000	65	5500	50
Peabiru	-	2	5	-	200	6	-	169	-	-	-	-	-	-	250	7	5	18056	25089	2	3925	-
Pitanga	-	5	2	20	100	-	90	-	-	-	215	-	3300	-	122	-	-	2600	50000	16	13500	150
Prudentópolis	-	6	12	290	-	-	15	29	50	120	1300	-	25400	4640	350	10	-	12200	31500	3	-	-
Quinta do Sol	-	1	2	-	500	2	-	2468	-	-	-	-	120	-	170	-	-	19500	21600	2	180	-
Reserva	-	2	-	10	200	-	5	-	15	10	-	-	5100	40	20	35	-	4850	28750	570	2800	30
Rio Bom	-	-	1	5	200	-	-	-	-	-	-	-	60	91	5	-	-	2500	6150	3	4200	-
Rio Branco do Ivaí	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	250	-	40	-	-	2450	7300	4	5000	-
Roncador	-	1	1	8	1500	-	190	-	-	-	-	-	1250	-	24	5	-	4800	40000	-	17500	145
Rosário do Ivaí	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	40	-	-	510	2500	2	600	-

Quadro 12 – Área das principais culturas temporárias, em hectares, na Bacia do Alto Ivaí

conclusão

Município	Área das principais culturas temporárias em hectares																				
	Abacaxi	Alho	Amendoim	Arroz	Aveia	Batata-doce	Batata-inglesa	Cana-de-açúcar	Cebola	Centeio	Cevada	Ervilha	Feijão	Fumo	Mandioca	Melancia	Melão	Milho	Soja	Tomate	Trigo	Triticale
Santa Maria do Oeste	2	-	-	5	-	16	110	-	3	-	-	-	500	-	50	-	-	650	9000	3	2000	300
São João do Ivaí	-	-	-	5	-	-	-	1516	-	-	-	-	320	-	20	-	-	15700	19500	3	1500	-
São Pedro do Ivaí	-	-	-	2	-	-	-	7212	-	-	-	-	40	-	20	-	-	5350	9500	5	2500	-
Sarandi	-	-	2	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	30	1	-	3500	6220	1	2450	-
Turvo	-	1	1	12	140	10	45	3	4	130	180	-	690	-	125	2	-	2370	15700	5	1100	30
Total	**18**	**52**	**113**	**790**	**36342**	**299**	**4100**	**39335**	**855**	**750**	**19580**	**5**	**94637**	**14405**	**3714**	**221**	**8**	**324870**	**1032616**	**1271**	**292245**	**2635**

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018)

APÊNDICE C – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na bacia do Alto Ivaí

Quadro 13 – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área das principais culturas permanentes em hectares																			
	Abacate	Banana	Café	Café Arábica	Caqui	Erva-mate	Figo	Goiaba	Laranja	Limão	Maçã	Mamão	Manga	Maracujá	Palmito	Pera	Pêssego	Tangerina	Urucum (semente)	Uva
Apucarana	107	75	1600	1600	33	-	5	7	82	4	-	-	-	18	-	-	-	4	-	9
Arapuã	-	-	30	30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	10
Ariranha do Ivaí	-	-	20	20	-	-	-	1	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-
Barbosa Ferraz	5	15	130	130	1	-	-	1	10	4	-	-	6	50	-	-	-	3	-	2
Boa Ventura de São Roque	-	10	-	-	-	15	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	4
Bom Sucesso	-	4	14	14	-	-	-	-	41	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	7
Borrazópolis	20	26	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	-	4
Califórnia	50	10	108	108	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
Cambira	-	91	440	440	-	-	-	-	10	1	-	-	-	2	-	-	-	-	2	14
Campo Mourão	1	-	35	35	-	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Cândido de Abreu	-	5	-	-	-	9	-	3	5	13	-	1	-	30	-	-	3	2	-	5
Corumbataí do Sul	6	5	210	210	10	-	1	3	30	2	-	-	3	45	-	-	-	4	-	8
Cruzmaltina	42	1	16	16	-	-	-	2	2	1	-	-	4	1	-	-	-	-	-	3
Engenheiro Beltrão	3	8	25	25	2	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Faxinal	20	-	-	-	20	-	-	7	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1
Fênix	-	2	4	4	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-
Floresta	-	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Quadro 13 – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área das principais culturas permanentes em hectares																			
	Abacate	Banana	Café	Café Arábica	Caqui	Erva-mate	Figo	Goiaba	Laranja	Limão	Maçã	Mamão	Manga	Maracujá	Palmito	Pera	Pêssego	Tangerina	Urucum (semente)	Uva
Godoy Moreira	-	-	20	20	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	1
Grandes Rios	-	-	1700	1700	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	2
Guamiranga	-	-	-	-	3	200	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	22
Guarapuava	-	6	-	-	4	1520	1	-	13	2	27	-	-	4	-	1	4	7	-	15
Irati	-	-	-	-	1	490	-	-	3	1	-	-	-	-	-	3	30	-	-	15
Iretama	3	10	25	25	-	16	1	-	9	-	-	1	-	15	-	-	3	-	-	2
Itambé	-	1	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Ivaí	-	4	-	-	1	230	-	-	2	-	-	-	-	4	-	-	12	-	-	5
Ivaiporã	-	2	525	525	-	-	-	-	26	4	-	-	-	8	-	-	-	-	-	6
Jandaia do Sul	2	8	520	520	-	-	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
Jardim Alegre	23	-	550	550	-	-	-	4	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaloré	-	-	15	15	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Lidianópolis	32	4	350	350	-	-	-	86	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1
Luiziana	-	5	2	2	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Lunardelli	-	-	100	100	-	-	-	-	17	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Mamborê	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mandaguari	10	40	630	630	-	-	-	-	5	2	-	-	1	20	-	-	-	1	-	35
Manoel Ribas	-	2	-	-	-	5	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	2	5	-	5

Quadro 13 – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Município	Área das principais culturas permanentes em hectares																			
	Abacate	Banana	Café	Café Arábica	Caqui	Erva-mate	Figo	Goiaba	Laranja	Limão	Maçã	Mamão	Manga	Maracujá	Palmito	Pera	Pêssego	Tangerina	Urucum (semente)	Uva
Marialva	5	25	130	130	2	-	-	-	3	5	-	-	5	15	5	-	-	-	-	500
Marilândia do Sul	5	9	15	15	19	-	7	-	114	3	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
Maringá	2	70	80	80	-	-	-	-	10	6	-	-	3	3	2	-	-	6	-	8
Marumbi	10	1	33	33	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Mato Rico	-	3	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mauá da Serra	3	-	-	-	52	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	1
Nova Tebas	1	8	20	20	2	-	-	-	5	1	-	-	2	23	-	-	-	1	-	5
Novo Itacolomi	2	400	20	20	-	-	-	2	1	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1
Ortigueira																				
Peabiru	1	8	20	20	1	-	-	-	5	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
Pitanga	-	5	-	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
Prudentópolis	2	4	-	-	5	1700	-	-	50	-	-	-	-	120	-	4	16	2	-	34
Quinta do Sol	-	6	1	1	-	-	-	-	3	-	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-
Reserva																				
Rio Bom	10	68	19	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Branco do Ivaí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Roncador	2	7	12	12	-	-	-	-	8	-	-	-	3	-	-	-	12	-	-	3

Quadro 13 – Tamanho das principais culturas permanentes em hectares na Bacia do Alto Ivaí

conclusão.

Município	Área das principais culturas permanentes em hectares																		
	Abacate	Banana	Café	Café Arábica	Caqui	Erva-mate	Figo	Goiaba	Laranja	Limão	Maçã	Mamão	Manga	Maracujá	Palmito	Pera	Pêssego	Tangerina	Urucum (semente)	Uva
Rosário do Ivaí	1	3	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	180
Santa Maria do Oeste	-	4	-	-	-	1500	-	-	11	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
São João do Ivaí	-	2	10	10	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
São Pedro do Ivaí	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Sarandi	-	4	13	13	3	-	-	-	-	4	-	-	2	4	-	-	-	2	-	35
Turvo	-	2	-	-	-	380	-	-	11	-	-	-	-	6	-	-	6	2	-	8
Total	**368**	**964**	**7579**	**7579**	**160**	**7585**	**16**	**119**	**563**	**67**	**28**	**2**	**34**	**416**	**7**	**10**	**118**	**53**	**2**	**1022**

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018)

APÊNDICE D – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na bacia do Alto Ivaí

Quadro 14 – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Classe	Princípio ativo	Grupo químico	Classificação toxicologia nova	Classificação toxicologia antiga	Solubilidade em água (25ºc) (mg/L)	DT50 no solo (dias)	DT50 em água (dias)	Koc ($mL.g^{-1}$)	K_H ($Pa.m^3 mol^{-1}$)	Volatilização (20ºC) (mPa)
Herbicida	Equivalente ácido de Glifosato	Glicina substituída	Categoria 5	Classe IV	10.500	12	12	21.699	E	$1,31 \times 10^{-2}$
	Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxi acético (2,4-D Amina)	Ácido ariloxialcanóico	Categoria 4	Classe I	23.180	10	E	56	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,87x10^{-2}$
	Glifosato	Glicina substituída	Categoria 5	Classe IV	10.500	12	12	21.699	E	$1,31 \times 10^{-2}$
	Glifosato Potássico	Glicina substituída	Categoria 5	Classe III	10.500	12	12	21.699	E	$1,31 \times 10^{-2}$
	Paraquate	Bipiridílio	Categoria 1	Classe I	620.000	3000	E	1.000.000	$4,0 \times 10^{-12}$	$1,0 x10^{-2}$
	Atrazina	Triazina	Categoria 5	Classe III	35	75	86	100	$1,5 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-2}$
	2,4-D	Ácido ariloxialcanóico	Categoria 4	Classe I	23.180	10	E	56	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,87x10^{-2}$
	Cletodim	Oxima ciclohexanodiona	Categoria 5	Classe II	5.450	3	E	40	$0,3 \times 10^{-5}$	1×10^{-2}
	Equivalente ácido de 2,4-D	Glicina substituída	Categoria 5	Classe IV	23.180	10	E	56	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,87x10^{-2}$

Quadro 14 – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Classe	Princípio ativo	Grupo químico	Classificação toxicologia nova	Classificação toxicologia antiga	Solubilidade em água (25ºc) (mg/L)	DT50 no solo (dias)	DT50 em água (dias)	Koc ($mL.g^{-1}$)	K_H ($Pa.m^3 mol^{-1}$)	Volatilização (20ºC) (mPa)
Herbicida	Sal de Potássio de Glifosato	Glicina substituída	Categoria 5	Classe IV	10.500	12	12	21.699	E	$1,31 \times 10^{-2}$
	Diurom	Uréia	Categoria 4 ou Categoria 5	Classe III	36.4	90-180	-	400	-	$1,1x\ 10^{-3}$
Fungicida e acaricida	Mancozebe	Alquilenobis	Categoria 5	-	6.2	0,1	1,5	998	$5,9 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-2}$
Inseticida	Lambda Cialotrina	Piretróide	Categoria 3 ou Categoria 5	Classe III	0,005	25	7	157.000	$2,0 \times 10^{-2}$	$2x\ 10^{-4}$
	Tiametoxam	neonicotinóide	-	Classe III	4100	50	-	70	$4,7 \times 10^{-10}$	3,66
	Imidacloprido	Neonicotinóide	Categoria 3 ou 4	Classe III	610	191	E	225	$1,7 \times 10^{-10}$	4×10^{-7}
	Beta-Ciflutrina	Piretróide	-	Classe II	1,2	A degradação em diferentes solos é rápida, lixiviação imóvel, facilmente acessíveis para posterior degradação microbiana	-	-	-	$8,5\ x10^{-5}$

Quadro 14 – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

continua...

Classe	Princípio ativo	Grupo químico	Classificação toxicologia nova	Classificação toxicologia antiga	Solubilidade em água (25ºc) (mg/L)	DT50 no solo (dias)	DT50 em água (dias)	Koc ($mL.g^{-1}$)	K_H ($Pa.m^3 mol^{-1}$)	Volatilização (20ºC) (mPa)
Fungicida	Carbendazim	Benzimidazo	Categoria 5	Classe III	7	8-32	-	200-250	-	0,09
	Fluxapiroxade	Carboxamida	-	específica para cada produto	-	-	-	-	-	-
	Trifloxistrobina	Estrobilurina	-	Classe II	0,61	7	40	2.377	$2,3 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$
	Piraclostrobina	Estrobilurina	-	específica para cada produto	1,9	32	-	11.000	-	$2,6 \times 10^{-5}$
	Ciproconazol	Triazol	-	específica para cada produto	140	3 meses	-	-	-	$3,46 \times 10^{-2}$
	Tebuconazol	Triazol	Categoria 4	Classe IV	36	lixiviação excluída	-	-	-	$1,7 \times 10^{-3}$
	Epoxiconazol	Triazo	-	específica para cada produto	$6,63 \times 10^{-4}$	2-3 meses	-	957-2647	-	<0,01
	Picoxistrobina	Estrobilurina	-	Classe II	3,1	19-33	-	790-1200	-	$5,5 \times 10^{-3}$
	Protioconazol	Triazolintiona	-	Classe IV	150	214	53,5	1086	$9,2 \times 10^{-5}$	$5,6 \times 10^{-2}$
	Azoxistrobina	Estrobilurina	Categoria 4	Classe III	6,7	70	E	423	$7,3 \times 10^{-9}$	$1,1 \times 10^{-7}$

Quadro 14 – Propriedades físico-químicas e classificação dos ingredientes ativos de agrotóxicos utilizados na Bacia do Alto Ivaí

conclusão.

Classe	Princípio ativo	Grupo químico	Classificação toxicologia nova	Classificação toxicologia antiga	Solubilidade em água (25ºc) (mg/L)	DT50 no solo (dias)	DT50 em água (dias)	Koc ($mL.g^{-1}$)	K_H ($Pa.m^3 mol^{-1}$)	Volatilização (20ºC) (mPa)
Inseticida e acaricida	Acefato	Organofosforado	Categoria 4	Classe III	790.000	3	50	2	$5,1 \times 10^{-8}$	0,23
Inseticida, formicida e acaricida	Bifentrina	Piretróide	-	específica para cada produto	<1	65-125	-	1,31-3,02x 10^5	-	0,024

Fonte: Adaptado de BRASIL (2002); MARTINS *et al.* (2004); ANVISA (2020); WISE; LOVEYS (2001); MILHOME *et al.* (2009).

.