

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ROSÂNGELA APARECIDA RIBEIRO SANTOS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICOS:
ESTUDO DE CASO NA BACIA DO PARANÁ III**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

ROSÂNGELA PARECIDA RIBEIRO SANTOS

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR
AGROTÓXICOS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO PARANÁ III**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Gestão Ambiental, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof^a Dra. Carla Cristina
Bem

Co-orientador: Prof Dr. Anderson da
Sandro Rocha

MEDIANEIRA-PR

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira

Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de curso Superior de Tecnologia em Gestão
Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICOS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO PARANÁ III

Por

ROSÂNGELA APARECIDA RIBEIRO SANTOS

Este Trabalho de conclusão de curso – TCC, foi apresentado em 14 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de tecnólogo em gestão ambiental O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dra. Carla Cristina Bem
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Agostinho Zanini
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr. Anderson S Rocha
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Co-orientador)

Prof. Dr. Dalésio Ostrovski
UTFPR – *Campus* Medianeira
(convidado)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

“não tenho conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser não somos o que iríamos ser... mas graças a Deus, não somos o que éramos”.

Martin Luther king

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado o dom da sabedoria e saúde. Aos meus pais, e a minha família pela paciência de não estarmos juntos em alguns momentos.

À minha professora orientadora Doutora Carla Cristina Bem pela paciência, e por disponibilizar do seu tempo para realização deste trabalho. Aos demais professores que foram contribuindo para o processo de graduação. E a todos os colegas de curso pelas horas de estudo.

RESUMO

SANTOS, Ribeiro Aparecida Rosângela. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DECONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICOS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO PARANÁ III, 2017.** 34p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

A utilização de agrotóxicos na agricultura temporária surgiu com o objetivo de aumentar a produção agrícola, e através destes fortalecer as culturas e a minimização de perdas decorrentes as pragas. Contudo, vários compostos presentes nos agrotóxicos possuem algum nível de toxicidade levando a riscos à saúde humana e a contaminação do meio ambiente, principalmente dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Neste contexto, o presente trabalho tem objetivo avaliar o potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas na bacia do Paraná III (BPIII). Os municípios que compõe a área de estudo têm sua economia baseada nas atividades agrícolas e agropecuárias e uma importante reserva hídrica. Para calcular o potencial de contaminação foram identificados por meio de pesquisa bibliográfica os principais agrotóxicos aplicados às culturas de soja, milho, área total de agricultura temporária em cada município e as propriedades químicas dos compostos. A estimativa do potencial de contaminação foi obtida pela aplicação do índice de GUS e GOSS. A aplicação do índice de GUS indicou que dentre os doze compostos avaliados apenas um, o acefato possui moderado potencial lixiviação pois encontra-se na faixa de transição, os demais apresentam potencial elevado. O índice de GOSS indicou que os princípios ativos glifosato, acefato e o dicloreto de paraquate possuem maior mobilidade de transporte em água associado ao sedimento e o dicloreto de paraquate, profenofos, lufenuron e o propiconazol possui elevado seu coeficiente de adsorção do solo. Deve ser destacado que o conhecimento do comportamento químico dos agrotóxicos no solo e em contato com água permite uma gestão mais eficiente no sentido de prevenir os impactos causados pelo uso dessas substâncias para o meio ambiente e para o ser humano bem como direcionamentos no gerenciamento do uso e ocupação do solo.

Palavras chave: Recursos Hídricos. GUS. GOSS. Degradação.

ABSTRACT

SANTOS, Ribeiro Aparecida Rosângela. EVALUATION OF POTENTIAL DECONTAMINATION BY AGROCOXICS: A CASE STUDY IN THE PARANÁ BOWL III, 2017.34p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Federal Technology University - Paraná. Medianeira, 2017.

The use of agrochemicals in temporary agriculture has emerged with the aim of increasing agricultural production, and through these, strengthen crops and minimize losses from pests. However, several compounds present in pesticides have some toxicity level, this toxicity leading to risks to human health and the environment contamination, especially of surface and underground water resources. In this context, the present work has the main goal evaluating the potential of surface and groundwater contamination in the Paraná III basin (BP III). The municipalities in the study area have their economy based on agricultural activities and an important water reserve. To calculate the agrochemical contamination potential, the main agrochemicals applied to the soybean, maize, total temporary agriculture area in each municipality and the chemical properties of the compounds were identified through bibliographic research. Estimated contamination potential was obtained by applying the GUS and GOSS index. The application of the GUS index indicated that among the twelve compounds evaluated only one, acephate has moderate leaching potential because it is in the transition range, the others have high potential. GOSS index indicated that the active principles glyphosate, acephate and paraquate dichloride have greater transport mobility in water associated to the sediment and the paraquate, profenofos, lufenuron and propiconazole have a higher soil adsorption coefficient. It should be noted that the knowledge of the chemical pesticides behavior in soil and in contact with water allows a more efficient management in order to prevent the impacts caused by the use of these substances for the environment and for the human being as well as directions in the management of the use and soil occupation.

Keywords: Water resources. GUS. GOSS. Degradation.

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

ADAPAR – Agência de defesa agropecuária Paraná
AGROFIT – Base de Dados de Produtos Agrotóxicos e Fitossanitários
BPIII – Bacia do Paraná III
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNA – Confederação Nacional de Agricultura e pecuária
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GUS - Groundwater Ubiquity Score
IBAMA – Instituto Brasileiro Meio Ambiente e Recursos Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional da Química Pura e Aplicada)
MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária de Abastecimento
PIB – Produto Interno Bruto
PR – Paraná

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do ciclo hidrológico.....	15
Figura 2: Localização espacial da bacia do Paraná III.....	21

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Classe toxicológica dos agrotóxicos.....	17
Quadro 2: Propriedades químicas dos agrotóxicos.....	18
Quadro 3: Classes toxicológicas dos agrotóxicos e seus ingredientes ativos.....	19
Quadro 4: Dados das áreas totais cultivadas de agricultura permanente e temporária nos municípios que compõem a BPIII.....	22
Quadro 5: Potencial em função do transporte de agrotóxicos dissolvidos em água no escoamento superficial, conforme metodologia índice de GOSS.....	24
Quadro 6: Potencial em função do transporte de agrotóxicos associado ao sedimento no escoamento superficial.....	24
Tabela 1: Problemas de saúde relacionados quanto ao uso contaminação dos agrotóxicos.....	26
Tabela 2: Resultado do Índice de GUS para os agrotóxicos mais utilizados nas culturas de soja, milho e trigo.....	27
Tabela 3: Resultados do potencial de transporte dos agrotóxicos de acordo com índice de GOSS.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 DISPONIBILIZAÇÃO HÍDRICA	14
3.1.1 Ciclo Hidrológico	14
3.2 AGROTÓXICOS	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO	20
4.2 MÉTODOS	23
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 TOXICIDADE DOS AGROTÓXICOS E SEUS EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA	25
5.2 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELO INDICE DE GUS	27
5.3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS POR MEIO DO INDICE DE GOSS	28
6 CONCLUSÃO	30
7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	31
8 REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de agrotóxicos se mostra eficiente no combate as pragas. No entanto, seu uso possui impactos negativos, tanto para meio ambiente como para ser humano, uma vez que vários dos princípios ativos podem apresentar elevada toxicidade. Existem 277 tipos e 161 genéricos de agrotóxicos que podem ser aplicados a diversas culturas, os quais oferecem riscos ao meio ambiente e a saúde humana (MAPA , 2017). A exposição a alguns tipos específicos de agrotóxicos como os herbicidas atrazina e simazina pode ser extremamente prejudicial à saúde humana, devido à toxicidade aguda e crônica que atuam principalmente nos sistemas hormonal e reprodutor (CARMO, 2013).

Com relação aos impactos ambientais ocasionados pelo uso de agrotóxicos se destacam a contaminação do ar, água e solo, o esgotamento dos recursos naturais, e perda da biodiversidade. Portanto, as atividades agrícolas são um potencial degradador da qualidade ambiental. No que concerne a degradação da qualidade da água, esta pode ocorrer pela introdução dos poluentes via difusa e pontual.

As fontes pontuais têm como características serem fixas e visíveis e teoricamente mais facilmente controladas. Enquanto as difusas são distribuídas ao longo da bacia de drenagem e são associadas aos eventos de precipitação pluviométrica, portanto causadas pelo escoamento superficial e infiltração (VON SPERLING, 1996). Deve ser destacado que a atividade agrícola é um grande contribuidor no aporte de sedimentos, nutrientes e agrotóxicos aos corpos aquáticos superficiais e também subterrâneos, sendo que em relação às águas subterrâneas a contaminação acontece no processo de recarga de aquíferos.

A preocupação com os impactos gerados pelas ações antropogênicas tem gerado discussão a longo dos anos, principalmente no tocante a busca do desenvolvimento sustentável. Um conceito que tem como objetivo harmonizar os processos ambientais com os socioeconômicos, maximizando a produção dos ecossistemas e conseqüentemente favorecendo as necessidades humanas presentes e futuras (JACOBI, 1999). Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de contaminação por agrotóxicos na bacia do Paraná III.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar o potencial de contaminação pelos principais agrotóxicos aplicados as culturas de soja, milho e trigo na Bacia do Paraná III.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os principais agrotóxicos usados na agricultura de soja e milho e trigo;
- Caracterizar a toxicidade dos principais agrotóxicos aplicados;
- Calcular o índice de contaminação de GUS e GOSS para os agrotóxicos;
- Estimar o potencial de contaminação dos recursos hídricos e subterrâneos por agrotóxicos na bacia do Paraná III.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Como um bem universal, a água na natureza abrange quase 1.386 milhões de km³. Deste total 97,5% é água salgada e aproximadamente 2,5% é água doce. Cerca 1,72% da água doce se encontra em estado sólido, nas geleiras, nas regiões próximas a topos de montanhas e neve, outra parcela importante está nos reservatórios subterrâneos (0,72%), somente 0,06% do total é de água doce, encontra-se em lagos, rios, biomassa e etc. (ESTEVES, 2011).

No entanto, este valor disponível pode estar comprometido pela degradação da sua qualidade. Dada sua importância e os seus diversos usos, a gestão da água não requer uma abordagem trivial, mas sim, que se considere sua complexidade, sendo preponderante o equilíbrio entre a qualidade e quantidade de água consumida nas atividades humanas e a manutenção dos sistemas ecológicos (ESTEVES, 2011).

3.1.1 Ciclo Hidrológico

Toda a água utilizável pelo homem pode ser encontrada na natureza em forma de vapor, líquida, gelo e neve (PINTO, 2014). A água na biosfera tem seu movimento constante passando pelo estado líquido, sólido e gasoso, dos oceanos, mares e rios para atmosfera e assim para terra e sobre a superfície terrestre e no subsolo (Figura 1) (SEMA, 2010).

Segundo Esteves (2011), o ciclo hidrológico estabelece um processo contínuo de transporte de massas de água do oceano para atmosfera e com precipitações, que faz parte deste ciclo o escoamento artificial e subterrâneo, retornando ao oceano, com a participação evapotranspiração e precipitação que são responsáveis pela circulação contínua.

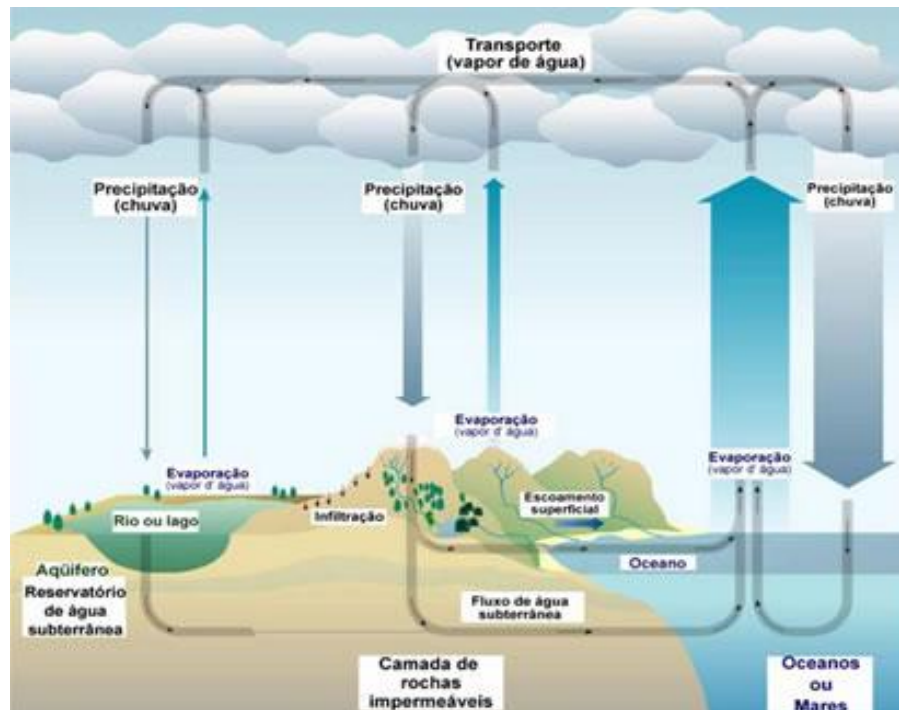


Figura 1: Ilustração do Ciclo Hidrológico
Fonte: Adaptado de Junior e Caetano (2008).

De acordo com Pinto (2014), a água de escoamento superficial tem origem das precipitações e atinge o solo, contribuindo para a drenagem dos cursos de água pelo escoamento, a recarga a água subterrânea e a infiltração. As duas últimas representam o processo de penetração da água no solo, responsável pelo escoamento de base nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos.

Pinto (2014) define que a água dos mananciais são vias de escoamento constituídas:

- I. Escoamento superficial - que é deslocamento das águas no solo.
- II. Escoamento subsuperficial – ocorre na camada superior do solo, é conjunto do escoamento superficial.
- III. Escoamento subterrâneo – apresentam propriedades que o tornam mais vantajoso, é responsável pela alimentação dos cursos de água que sofrem menos com as variações climáticas.

3.2 AGROTÓXICOS

Desde o ano de 1966, no qual se iniciou a “revolução verde”, foram observadas várias mudanças no cultivo e seus processos de trabalho na agricultura. A revolução verde proporcionou novas tecnologias que foram facilitadas pela mecanização, diminuindo o uso de força no trabalho e melhorando a produção de alimentos para acabar com a fome em países em desenvolvimento, sendo que os agrotóxicos foram necessários para o aumento da produção, devido ao controle de pragas (FRANCISCO, 2012).

O agronegócio brasileiro corresponde a 30% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional e, considerando que a agricultura brasileira vem se especializando cada vez mais com inovações e tecnologias segundo Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2017). O Brasil está em destaque no cenário agrícola mundial, como um dos maiores produtores e exportadores na produção de alimentos, além de abastecer o mercado interno.

Uma das tecnologias difundidas na atividade agrícola é o plantio direto. A agricultura mecanizada brasileira possui alta produtividade, contudo, também elevado uso de defensivos agrícolas (agrotóxicos) adequados para maximização da qualidade produtiva.

Os agrotóxicos são um vasto grupo de substâncias químicas que podem ser classificadas de acordo com o tipo de praga que controlam, com a estrutura química das substâncias ativas e com os efeitos à saúde humana e ao meio ambiente (AGROFIT, 1998). Em relação ao tipo de praga que os agrotóxicos controlam, eles podem ser classificados em:

- a) fungicida: combate aos fungos;
- b) inseticidas: combate de insetos, larvas e formigas e;
- c) herbicidas: combate a ervas daninha, sendo através de produtos quimicamente controlados e formulados para cada cultura temporária ou convencional.

Considerando a composição química são classificados, organofosforados e os carbamatos. Os organofosforados menos perigosos aos mamíferos, na saúde faz parte dos chamados inibidores além de causar efeitos fisiológicos. Segundo Baird

(2002), os carbamatos derivam-se do ácido carbâmico, possuem uma vida curta no meio ambiente, reagem com a água produzindo compostos de menor toxicidade.

Considerando a periculosidade ambiental, este grupo de compostos é classificado de acordo com os resultados dos testes e estudos de laboratórios que definiram a dosagem letal 50% (DL₅₀). As classes toxicológicas dos agrotóxicos estão apresentadas no quadro 1, os rótulos são identificados por meios de faixas que condizem respectivamente com a cor da classificação (BRAIDANTE, 2012).

Classe toxicológica	Toxicidade	DL ₅₀ (mg/kg)	Faixa de rotulagem dos agrotóxicos
I	Extremamente tóxico	<5	Vermelho
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50	Amarelo
III	Mediante tóxico	Entre 50 e 500	Azul
IV	Pouco tóxico	Entre 500 e 5000	Verde

Quadro 1: Classes toxicológicas dos agrotóxicos.
Fonte: Adaptado de Revista a Química dos Agrotóxicos (2012).

CORRÊA (2001) classifica os agrotóxicos quanto a sua toxicidade em:

- Toxicidade aguda: quantidade dos inseticidas que é aplicada uma única vez e que resulta em 50% da mortalidade da população.
- Toxicidade subaguda: é caracterizada pela exposição de 14 dias a três meses à determinada substância.
- Toxicidade crônica: é a quantidade do inseticida que provoca a morte 50% dos indivíduos de uma população-teste, a dose é determinada depois de várias aplicações subdosagens e os efeitos ocorrem ao longo do prazo.
- Tolerância: concentração máxima dos resíduos que é permitida por ocasião na colheita ou consumo.
- Carência: é o intervalo de tempo da aplicação até a colheita.

Os principais agrotóxicos aplicados às culturas de soja, milho e trigo são: glifosato, metsulfuron metil, profenofos, lufenuron, tiametoxam, dicloreto de paraquate teflubenzurom, acefato, atrazina, azoxistrobina, ciproconazole e propiconazol (IUPAC, 2017). As informações sobre os principais grupos químicos utilizados e aplicados na região da BPIII, princípios ativos e características químicas estão descritos no quadro 2.

Princípio ativo	Propriedades químicas					
	S (mg.L ⁻¹)	K _{oc} (cm ³ /g)	K _h (Pa m ³ mol ⁻¹)	P _{ka}	DT _{50solo} (dias)	DT _{50 água} (Fotólise em dias)
Metsulfuron metil	2790	-	2,87 x10 ⁻⁰⁶	3,75	10	Estável
Profenofos	28	2016	1,65 x10 ⁻⁰³	Não aplicável	7	-
Lufenuron	0,046	-	3,41 x10 ⁻⁰²	10,2	16,3	0,75
Tiametoxam	4100	56,2	4,70 x10 ⁻¹⁰	Não aplicável	50	2,7
Glifosato	10500	1424	2,10 x10 ⁻⁰⁷	2,34	15,0	69
Dicloreto de paraquate	620000	100000	4,0 x10 ⁻⁰⁹	Não aplicável	365	Estável
Teflubenzurom	0,01	534	6,98 x10 ⁻⁰³	9,2	92	10
Acefato	790000	302	5,15 x10 ⁻⁰⁸	8,35	3	2
Atrazina	35	100	1,50 x10 ⁻⁰⁴	1,7	75	2,6
Azoxistrobina	6,7	589	7,40 x10 ⁻⁰⁹	Não aplicável	78	8,7
Ciproconazole	84	-	-	-	-	-
Propiconazol	150	1086	9,20 x10 ⁻⁰⁵	1,09	71,8	Estável

Quadro 2: Propriedades químicas dos agrotóxicos.
Fonte: Adaptado de IUPAC (2017).

As formulações dos agrotóxicos são misturas diversas que incluem ingredientes ativos, e vários outros componentes como aditivos. É comum na agricultura que diferentes formulações sejam utilizadas com combinações variadas dependendo da época e tipo de cultura apresentados no (quadro 3).

O conhecimento das propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, e sua estrutura e massa molecular são fundamentais para realização de um estudo sobre a atividade no ambiente, pois parte destas substâncias têm grande probabilidade de contaminar os recursos hídricos, devido as suas características químicas.

O comportamento dos agrotóxicos no solo é influenciado pelos parâmetros de solubilidade em água, o qual indica a tendência do composto ser carregado por água superficial ou lixiviação (FAY e SILVA, 2004). Para realizar o diagnóstico do risco de contaminação dos recursos hídricos, para os princípios ativos utilizados na região de estudo, foram utilizados os seguintes parâmetros: solubilidade em água (S), coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}), constante da Lei de Henry (K_h), produto da constante de dissociação ácida do composto (P_{ka}), tempo de meia-vida no solo (DT_{50 solo}) e na água (DT_{50 água}), retirados do *Global Availability of Information on Agrochemicals* (IUPAC, 2017).

INGREDIENTE ATIVO	CLASSE TOXICOLÓGICA	CLASSE DE USO	USO
Metsulfuron metil	I	Herbicida	Trigo
Profenofos + lufenuron	I	Inseticida, Acaricida	Soja
Tiametoxam	III	Inseticida	Milho e Soja
Glifosato	III	Herbicida	Milho, Soja e Trigo
Dicloreto de paraquate	III	Herbicida	Soja
Terfluben zurom	IV	Inseticida	Soja
Acefato	I	Inseticida, Acaricida	Soja
Atrazine	IV	Herbicida	Milho
Azoxistrobina + ciproconazole	III	Fungicida	Milho, Soja e Trigo
Propiconazol	I	Fungicida	Milho

Quadro 3: classes toxicológicas dos agrotóxicos e seus ingredientes ativos.

Fonte: Adaptado de ADAPAR (2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Paraná III (BP III) é uma extensão regional localizada no oeste do Paraná e no sul do Mato Grosso do Sul, com uma área de 8.389 km² e abrange uma área grande entre as coordenadas geográficas, latitudes 24° 30' S e 25° 35' S e as longitudes 53° 26' O e 54° 37' O. Compõe 28 municípios na bacia do Paraná III conforme a Figura 2. A economia dos municípios baseia-se principalmente nas atividades agrícolas e agropecuárias.

O domínio é do clima subtropical úmido. Este domínio é controlado de clima tropical, sendo predominante chuvoso, sem ocorrência de seca e pouco quente, com temperatura média de verão, superior 22° C e inverno 18°C (AYOADE, 2010).

Em relação aos tipos de solos, as principais classes encontradas são os LATOSSOLOS VERMELHADOS e NITOSSOLOS VERMELHOS e associado com os NEOSSOLOS LITÓLICOS, sendo que os GLEISSOLOS HÁPLICOS e ORGASSOLOS MÉSICOS aparecem em pequenas áreas planas e alagadiças, às margens do Rio Paraná (ROCHA, 2016).

De modo geral, os LATOSSOLOS ocorrem em relevos mais baixos, ao longo das separações em partes do topo até a média vertente, os NITOSSOLOS distribuem-se principalmente nas secções de média a baixa vertente, em áreas cuja a separação do relevo varia entre média e baixa. Os NEOSSOLOS (Litólicos e Regolíticos), solos de baixo desenvolvimento pedogenético, ocorrem em associação com os anteriores, predominantemente nos setores da separação mais alta e declividades maiores, também, associados a rupturas de declive (ROCHA, 2016).

O quadro 4 apresenta os dados referentes áreas de cultivo, de agricultura permanente, temporária e de pastagem (IBGE, 2010).

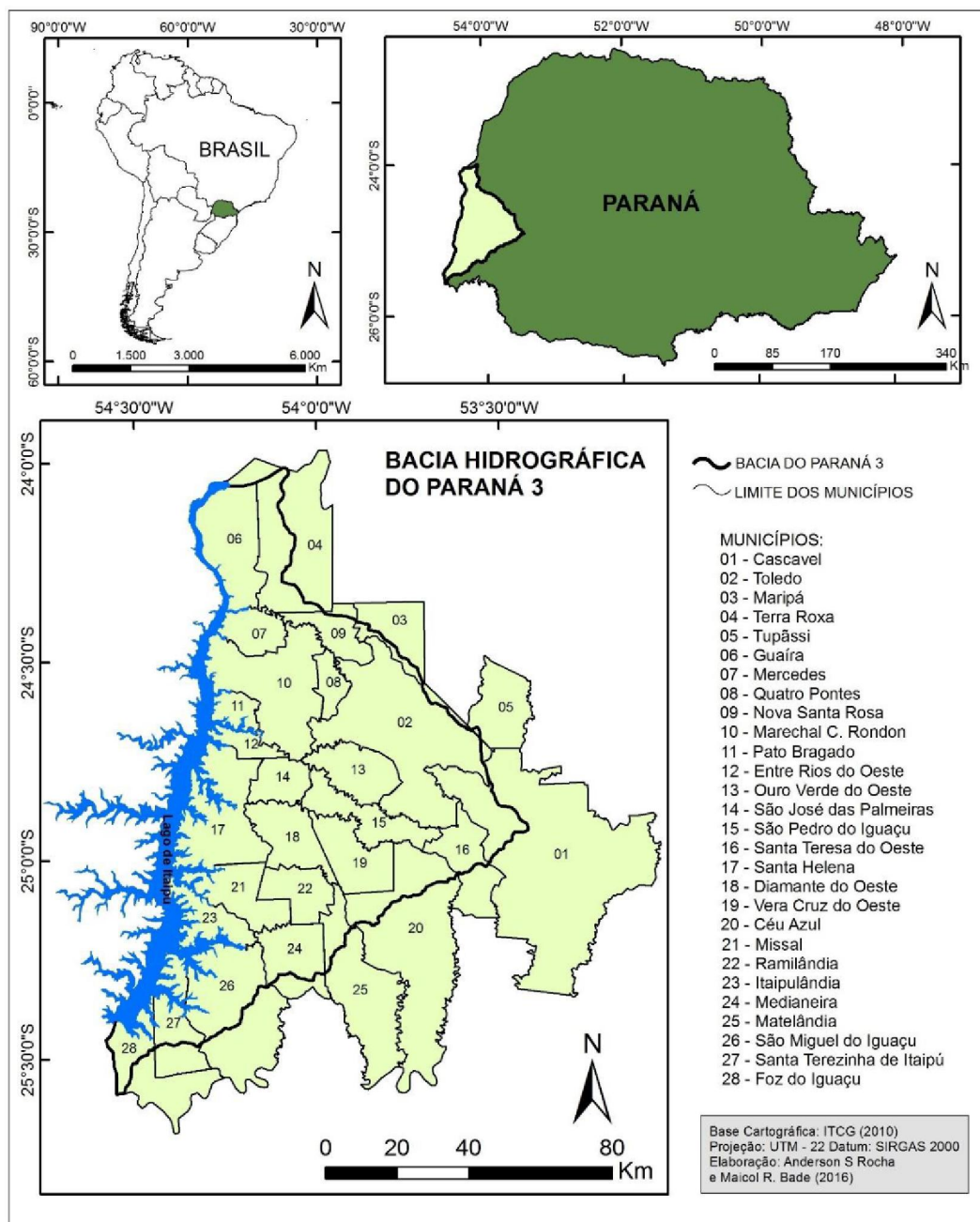


Figura 2: Localizao Espacial bacia do Paraná III

Fonte: Adaptado de ROCHA (2016).

Município	População	Área cultivada (ha)	Área de agricultura permanente (ha)	Área de agricultura temporária (ha)	Área de Pastagem (ha)
Guaíra	32.591	28.439	137	28.302	856
Itaipulândia	10.236	11.02	240	10.789	378
Marechal Cândido Rondon	50.808	33.599	290	33.309	1.920
Maripá	5.793	17.669	512	17.157	11
Matelândia	17.340	12.566	681	11.885	4.727
Medianeira	44.885	14.238	280	13.958	1.772
Mercedes	5.398	10.211	92	10.119	1.090
Missal	10.847	13.080	538	12.542	7.602
Ramilândia	4.385	4.456	903	3.553	1.978
Santa Helena	25.415	24.671	431	24.240	1.791
Santa Tereza do Oeste	10.509	20.595	851	19.744	324
Santa Terezinha do Itaipu	22.570	15.133	83	15.050	324
Nova Santa Rosa	8.092	9.576	345	9.231	195
Ouro Verde do Oeste	5.976	15.989	518	15.471	4.660
Pato bragado	5.304	5.875	20	5.855	2
Quatro Pontes	3.998	7.094	77	7.017	87
Diamante do Oeste	5.259	4.425	561	3.864	6.911
Entre Rios do Oeste	4.306	5.496	49	5.855	203
Foz do Iguaçu	263.782	18.103	751	5.447	1.836
Altônia	21.744	14.477	2.545	17.352	2.360
Cascavel	312.773	82.114	2.416	11.932	4.041
Céu azul	11.649	19.258	459	18.799	266
São José das Palmeiras	3.847	3.476	212	3.261	2.217
São Miguel do Iguaçu	27.197	45.773	2.790	42.983	1.090
São Pedro do Iguaçu	6.388	14.136	290	13.846	4.121
Terra roxa	17.517	48.399	2.919	45.480	2.319
Toledo	132.077	73.760	1.145	72.615	1.528
Vera Cruz do Oeste	8.998	14.876	255	14.621	739

Quadro 4 : Dados da áreas totais cultivadas de agricultura permanente e temporária nos municípios que compõe a BPIII.

Fonte: Adaptado IBGE (2010).

4.2 MÉTODOS

Os dados obtidos pelo IUPAC e ADAPAR apresentados nos quadros 2 e 3 foram utilizados para avaliar o grau de toxicidade e cálculo do índice de GUS e GOSS. Também foram obtidos do IBGE Cidades os dados das áreas cultivadas com agricultura temporária.

O índice de GUS segundo GUSTAFSON (1989) utiliza os critérios da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e avalia o potencial de determinado composto de causar de lixiviação dos princípios ativos, atingindo as águas subterrâneas. O cálculo do índice de GUS é dado por (GUSTAFSON, 1989):

$$GUS = \log (DT_{50} \text{ solo}) \times (4 - \log K_{oc}) \quad (\text{equação 1})$$

Em que:

GUS: Índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas;

DT₅₀ solo: Valor de meia-vida do composto no solo;

K_{oc}: Coeficiente de sorção a matéria orgânica.

O valor obtido indica se o agrotóxico tem tendência a não sofrer lixiviação: GUS < 1,8 não sofre lixiviação, 1,8 < GUS < 2,8: faixa de transição; GUS > 2,8: provável lixiviação.

O índice de GOSS estima o potencial de transporte de compostos nas águas superficiais em relação a sua associação com o sedimento (quadro 5 e 6) (ANDRADE et al., 2011; GOSS, 1992). Esse método classifica o potencial de contaminação das águas superficiais em: Alto potencial e Baixo Potencial.

Alto	Baixo
DT50 no solo > 35 dias	$K_{oc} \geq 100.000$
$K_{oc} < 100.000$	$K_{oc} \geq 100.000$ e $DT50 \leq 1$
$S_w \geq 1 \text{ mg L}^{-1}$	$S_w < 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ e $DT50 \leq 35$

Quadro 5: Potencial em função do transporte de agrotóxicos dissolvidos em água no escoamento superficial, conforme metodologia índice GOSS.

Alto	Baixo
DT_{50} no solo > 40 dias; $K_{oc} \geq 1000$	DT_{50} no solo ≤ 1 dia DT_{50} no solo ≤ 2 dia $K_{oc} \leq 500$
DT_{50} no solo ≥ 40 dias; $K_{oc} \geq 500$; $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$	DT_{50} no solo ≤ 4 dias; $K_{oc} \leq 900$; $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ DT_{50} no solo ≤ 40 dias; $K_{oc} \leq 500$, $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ DT_{50} no solo ≤ 40 dias; $K_{oc} \leq 900$, $S_w \geq 2 \text{ mg L}^{-1}$

Quadro 6: Potencial em função do transporte de agrotóxicos associado ao sedimento no escoamento superficial.

S_w - Solubilidade em água 20°C; DT_{50} - Tempo de meia vida do agrotóxico no solo; K_{oc} - Constante de adsorção à matéria orgânica do solo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 TOXICIDADE DOS AGROTÓXICOS E SEUS EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA

Com relação à toxicidade dos agrotóxicos, os mesmos são divididos em classes segundo a ADAPAR (2017) conforme apresentado no quadro 3. A classificação está relacionada a seus efeitos sobre a saúde humana (tabela 1).

Os agrotóxicos metsulfurom metil, profenofos e lufenuron, acefato e propiconazol são classificados como altamente perigoso, causando efeitos neurotoxicológicos, são disruptores endócrinos, provocam irritação na pele e nas vias respiratórias. Diferente do glifosato, tiametoxam, dicloreto de paraquate e o azoxistrolina-ciproconazole que são classe III, contudo, são classificados como potencialmente cancerígenos e neurotóxicos, além de inibidor da colinesterase provocando efeitos como excessiva salivação e lagrimejantes, glaucomas e Alzheimer (CONSEA, 2017).

Em relação à toxicidade do teflubenzurom e o atrazina, ambos pertencem a classe IV pouco perigoso, entretanto, são possivelmente cancerígenos e causam irritabilidade na pele e nos olhos (IUPAC, 2017).

Tabela 1: Problemas de saúde relacionados ao uso dos agrotóxicos

Agrotóxico	Princípio ativo	Classe Toxicológica	Cancerígeno	Disruptor endócrino	Efeito na reprodução	Inibidor da colinesterase	Neurotoxocologia	Irritante das vias respiratória	Irritante para a pele	Sensibilidade da pele	Irritação ocular
Ally	Metsulfuron metil	I			?			*			
Curyon	Profenofos	I				*	*	*	*		
Engeo Pleno	Lufenuron	III			?		*		*	*	
	Tiametoxam									*	
Glifosato	Glifosato	III	?	?					*		*
Gramoxone	Dicloreto de paraquate	I			?			*	*		*
Nomolt 150L	Teflubenzurom	IV	?					*	?		?
Orthene 750 br	Acefato	I	?	*		*	*				
Pimóleo	Atrazina	IV		?	?		?	*	*		*
Priori xtra	Azoxistrobina	III			?				*		*
	Ciproconazole		?	?	?			*			
Tilt	Propiconazol	I	?	?	?			*		?	

* Sim, por causar problemas

? possivelmente.

5.2 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELO ÍNDICE GUS

Os resultados obtidos do cálculo do índice de GUS estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Resultado do índice GUS para os agrotóxicos mais utilizados nas culturas de soja, milho e trigo.

Princípio ativo	GUS
Metsulfuron metil	-
Profenofos	3,4
Lufenuron	4,7
Tiametoxam	6,4
Glifosato	4,6
Dicloreto de paraquate	9,2
Teflubenzuron	7,2
Acefato	2,06
Atrazina	6,9
Azoxistrobina	7,04
Ciproconazole	-
Propiconazol	6,9

Legenda:

GUS < 1,8 não lixívia
1,8 < GUS < 2,8: faixa de transição
GUS > 2,8: provável lixiviação

De acordo com os resultados apresentados na tabela 2, a maioria dos agrotóxicos utilizados apresenta-se com elevado potencial de lixiviação, diferente do acefato que se encontra na faixa de transição.

Milhome et al. (2009) destaca o glifosato e o paraquate que são da mesma família do dicloreto de paraquate, possuem alta solubilidade em água, conseqüentemente, maior probabilidade de serem carregados pela chuva ou a água de irrigação e atingirem os recursos hídricos.

O princípio ativo tiametoxam foi classificado como um dos contaminantes de águas subterrâneas segundo o índice de GUS, cabe ressaltar que este resultado corrobora com os obtidos por Carbo et al. (2008) e Possavatz et al. (2014).

Contudo, o princípio ativo tiametoxam foi considerado moderado quanto à sua

persistência no solo (SILVA et al., 2014).

O glifosato é o agrotóxico mais empregado nas culturas do soja, milho e trigo, sendo potencial contaminante e classificado como alta probabilidade de lixiviação. Ao contrário do estudo realizado por Silva et al., (2014). Deve ser ressaltado que silva estuda as constantes do glifosato não são as mesmas das utilizadas neste trabalho.

5.3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS POR MEIO DO ÍNDICE GOSS

Dentre os princípios ativos estudados o Glifosato, Metsulfuron metil, tiametoxam, acefato e o dicloreto de paraquate possuem maior mobilidade de transporte em água associado ao sedimento (tabela 3) de acordo com a o índice de GOSS. O parâmetro K_{oc} indica o potencial de mobilidade no solo, o DT_{50} (solo), revela a estabilidade do composto. Na avaliação o dicloreto de paraquate, profenofos, lufenuron e o propiconazol possuem elevado coeficiente de adsorção do solo, isto é, o transporte por lixiviação é pouco provável, adicionalmente, são altamente tóxicos para meio ambiente. Deve ser destacado que o DT_{50} no solo do dicloreto de paraquete é o mais elevado (365 dias), o que leva a uma característica de persistência no meio ambiente.

Os pesticidas atrazina e tiametoxan mostraram concordância nos dois índices, sendo classificados com alto potencial de contaminação em águas subterrâneas e superficiais (MILHOME et al., 2009).

Para Marques et al. (2003) o glifosato apresenta alto potencial de transporte quando associado ao sedimento, enquanto que os demais compostos evidenciaram potencial mediano para transporte nas águas superficiais avaliados.

Os demais princípios ativos não mostram tendência de contaminação das águas superficiais.

Tabela 3: Resultados do potencial de transporte dos agrotóxicos de acordo com o índice de GOSS

Princípio ativo	S_w (mg.L ⁻¹)	K_{oc} (cm ³ /g)	DT _{50 solo} (dias)
Metsulfuron metil	2790		10
Profenofos	28	2016	7
Lufenuron	0,046		16,3
Tiametoxam	4100	56,2	50
Glifosato	10500	1424	15
Dicloreto de paraquate	620000	100000	365
Teflubenzuron	0,01	534	92
Acefato	790000	302	3
Atrazina	35	100	75
Azoxistrobina	6,7	589	78
Ciproconazole	84		-
Propiconazol	150	1086	71,8

Legenda

Baixo	Alto
-------	------

6 CONCLUSÃO

A avaliação do potencial de contaminação por agrotóxicos na bacia do Paraná III de acordo com os índices de GUS e GOSS indicaram que há um elevado risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Com exceção do acefato, os demais agrotóxicos apresentam alto risco de contaminar as águas subterrâneas (GUS). Em relação às águas superficiais (GOSS) os princípios ativos glifosato, acefato e o dicloreto de paraquate possuem maior mobilidade de transporte em água associado ao sedimento e o dicloreto de paraquate, profenofos, lufenuron e o propiconazol possuem elevado seu coeficiente de adsorção do solo.

Este fato pode ser considerado mais grave quando se avalia os efeitos tóxicos que os agrotóxicos analisados neste trabalho apresentam, como por exemplo, efeitos neurotoxicológicos (metsulfurom, profenofos-lufenuron, acefato e propicanazol) e cancerígenos (glifosato, tiametoxam, dicloreto de paraquate e o azoxistrobina-ciproconazole).

Ademais, deve ser ponderado que o uso de avaliações empíricas como as aplicadas possibilita conhecer e estimar um risco. O conhecimento do comportamento químico dos agrotóxicos no solo e em contato com água permite uma gestão mais eficiente no sentido de prevenir os impactos causados pelo uso dessas substâncias para o meio ambiente e para o ser humano bem como direcionamentos no gerenciamento do uso e ocupação do solo.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de trabalhos futuros sugere-se analisar a ocupação agrícola temporária e os solos ocupados, afim de identificar as áreas mais vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

8 REFERÊNCIAS

ADAPAR (Agência de defesa agropecuária do Paraná). **Lista de agrotóxicos e seus ingredientes ativos**, 2017<
<<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GAT/lista.pdf>> Acesso 28 de fevereiro de 2017.

AGROFIT (Base de Dados de Produtos Agrotóxicos e Fitossanitários). **Brasília secretária de defesa agropecuária/ministério da agricultura e abastecimento**, 1988. Disponível em: <<http://agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 19 de março de 2017.

ANDRADE, A.S.; QUEIROZ, V.T.; LIMA, D.L.; DRUMOND, L.C.D.; QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A. (2011) Análise de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Paranaíba - MG. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1129-1135.

AYOADE, 2010. **Clima na usina hidrelétrica de itaipu**. Disponível em:
<<http://itaipu.gov.br/index.php?q=node/241>>. Acesso em 15 de maio de 2017.

BRAIBANTE, M, E, F; ZAPPE, A, J; **Revista A química dos Agrotóxicos**, 2012. Vol. 34, N° 1, p. 10-15.

BAIRD, C. **Química ambiental**. Porto Alegre, 2002. Bookman, p. 622.

CNA (Confederação da agricultura e pecuária do Brasil). **Agronegócio brasileiro, 2017**. Disponível em <http://www.cnabrazil.org.br/> acesso em: 29 de maio de 2017.

CARBO. L. SOUZA; DORES. E.F.G.C. RIBEIRO. M.L.(2008). **Determination of pesticides multiresidues, in shallow groundwater in a cotton-growing region of Mato Grosso, BRAZIL**. Journal of the brailian chemical society. V19 N6 pg.1111-1117.

CARMO, D.A; A.P.B; PIRES, M.B; OLIVEIRA, J. L. M. **Comportamento Ambiental e Toxicidade dos Herbicidas Atrazina e Simazina**. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/10.pdf>>. Acesso em: 15 de março de 2017.

CONSEA (Conselho nacional de segurança alimentar e nutricional). **Impactos causados na saúde humana e animal pelo uso dos agrotóxicos. 2017**. Disponível em: <http://www.consea.pr.gov.br/> acesso 20 de abril de 2017. .

CORRÊA. R, **Toxicidade dos inseticidas**. Disponível em:
<http://www.entomologia.ufam.edu.br/Aulas/Toxicologia_de_inseticidas.pdf>. Acesso em 22 de março de 2017.

ESTEVES. A.F. Fundamentos da Liminologia. 3º Ed. **Interciência** p. 79, Rio de Janeiro 2011.

FAY, E. F., SILVA, C.M.S., (2004) Comportamento e destino de agrotóxicos no ambiente solo-água. 1ª ed. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 108-143.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "**Revolução Verde**"; *Brasil Escola*, 2012. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/revolucao-verde.htm>>. Acesso em 29 de março de 2017

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.

IBGE (Instituto brasileiro de geografia e estatística). **Dados das áreas totais cultivadas de agricultura Permanente e pecuária que compõe a bacia do Paraná III**, 2010 Disponível em<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtmA>> acesso em: 13 de outubro de 2016.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional da Química Pura e Aplicada). **Propriedades químicas dos agrotóxicos**. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>> Acesso em: 01 de março de 2017.

JACOBI, P.R. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. In: CEPAM. **O Município no Século XXI**. São Paulo: CEPAM, 1999.

JÚNIOR O.L, CAETANO A, C, L; **ilustração do ciclo hidrológico**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Ciclo-Hidrologico-1376.html>>. Acesso em 22 de março de 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: **pesquisa dos agrotóxicos mais utilizados e composto químico 2016**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso 22 de abril de 2017.

MARQUES. O.B.R. P; JUNIOR. A.P. O; BRITO. M.N; NUNES. S.G; SANTOS. R.C.T. **Avaliação preliminar do risco de contaminação ambiental por pesticidas aplicados na área da represa de Boa Esperança**. Cad.pes. São Luis, v 14, n 2, p. 9-23,2003.

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

PINTO. S. DE Sousa; HOLTZ T. C. A; MARTINS. A.J; GOMIDE. S.L.F; **Hidrologia Básica**. 15º Ed, p. 1, 2014.

POSSAVATZ. J; ZEILHOFER. P; PINTO. A.A; TIVES. A.L; DORES. E.F.G. C(2014). **Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na bacia hidrográfica do rio Cuiabá, Mato Grosso**. BRASIL AMBIENTE E TECNOLOGIA. V.9 N1 pg1-18.

SEMA- Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **ITCG entrega de documentos para regularizar pequenas propriedades em cruz machado, 2010.** Disponível em: <www.meioambiente.pr.gov.br>. Acesso em 18 de março de 2017.

ROCHA, S ANDERSON. **As Vertentes Características E Os Sistemas Pedológicos Como Instrumentos De Análise Para A Identificação Das Fragilidades E Potencialidades Ambientais Na Bacia Hidrográfica Do Paraná** 3-tese de doutorado em geografia- UEM/Maringá-PR, 2016.

SPERLING, M VAN. **Introdução a Qualidade da Água e ao Tratamento de Esgotos.** 2º Ed., v 1. Departamento de engenharia sanitária e ambiental, universidade federal de minas gerais, Belo Horizonte, 1996.

SILVA. S.G; JUNIOR. A.C. E; JUNIOR. A.C. A; EZEQUIEL. M.J; SILVA. S.T.P. **Avaliação do potencial de contaminação nas águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos em áreas de produção de uva para exportação no vale do São Francisco** In SIMPOSIO ITALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 12-2014, Natal-RN editora. Associação brasileira de engenharia sanitária 2014, p.3-5. Disponível em: <https://www.avaliacao-da-potencial-contaminacao-das-aguas-superficiais-e-subterraneas-por-agrotoxicos-em-areas-de-producao-de-uva-para-exportacao-no-vale-do-sao-francisco> > Acesso em 02 de maio de 2017.