



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA AMBIENTAL**

HELLEN DAYANNE AIRES RIBEIRO TEIXEIRA

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Anacardium humile E *Tabebuia aurea* FRENTE A PRESENÇA DE HERBICIDAS NO
SOLO.**

GURUPI (TO)

2018

HELLEN DAYANNE AIRES RIBEIRO TEIXEIRA

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Anacardium humile E *Tabebuia aurea* FRENTE A PRESENÇA DE HERBICIDAS NO
SOLO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Tocantins- Campus
Universitário de Gurupi para obtenção do título de
Bacharel em Química Ambiental.

Orientador: Prof. Bel. Gabriel Leda de Arruda.

GURUPI (TO)

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- T266a Teixeira, Hellen Dayanne Aires Ribeiro .
Avaliação ecotoxicológica da germinação de sementes de *Anacardium humile* e *Tabebuia aurea* frente a presença de herbicidas no solo. / Hellen Dayanne Aires Ribeiro Teixeira. – Gurupi, TO, 2018.
42 f.
Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Química Ambiental, 2018.
Orientador: Gabriel Leda de Arruda
1. Cerrado. 2. Cajuzinho-do-cerrado. 3. Ipê Caribá. 4. Ecotoxicologia. I. Título

CDD 577.14

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

HELLEN DAYANNE AIRES RIBEIRO TEIXEIRA

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Anacardium humile* E *Tabebuia aurea* FRENTE A PRESENÇA DE HERBICIDAS NO SOLO.

Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado à UFT - Universidade Federal do Tocantins - Campus de Gurupi. Curso de Química Ambiental para a obtenção do título de Bacharel e foi aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação 03/12/2018

Banca examinadora:

Gabriel Leda de Arruda

Prof . Bel. Gabriel Leda de Arruda. Orientador, UFT.

Carla Jovania Gomes Colares

Prof (a). Dr (a). Carla Jovania Gomes Colares. Examinadora, UFT.

Maria Cecília de Moraes Carvalho

Me (a). Maria Cecília de Moraes Carvalho. Examinadora, UFT.

Dedico este trabalho a ele, que com seu pequeno exemplo de vida me mostrou qual a verdadeira razão de viver. Minha força para enfrentar tudo sem desistir. Tudo sempre será por você e para você. És a força que encontro todos os dias para enfrentar a vida e ser um ser humano melhor. Ao meu pequeno príncipe *Théo*.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu Pai do Céu e minha Nossa Senhora por me concederem a graça de chegar até aqui. Obrigada por sempre me ouvirem em oração! Gratidão define meu sentimento.

Aos meus pais Valdivino e Dulce pelo carinho, ajuda, dedicação e zelo com o qual sempre cuidaram de mim. Obrigada por um dia acreditarem nos meus sonhos e serem o porto seguro em que eu posso sempre confiar. Eu simplesmente vos amo incondicionalmente.

Aos meus avós Silvano (em memória) e Maria José (em memória) por tudo que me ensinaram e por terem sido os melhores avós que eu pudesse ter. Vôzinho, sei que em alguma parte do universo vibra de alegria por ver meu sonho sendo realizado.

Ao meu esposo Dennys pela força e incentivo que sempre recebi de você. Obrigada pelo ombro amigo, por ser aquele em quem eu sempre posso contar! Obrigada por ser a calma que encontro quando tudo é tempestade.

A minha irmã Débora por sempre me apoiar animar e acreditar em mim, obrigada por está comigo em todos os momentos e me amar sem limites.

As minhas amigas de graduação Ângela, Isabelle, Kariely, Karita Karulina, Lorryne, Luana, Mayara, Natassja e Thayrinne que marcaram essa fase com muito apoio e carinho, enfeitando assim os meus dias. Muito obrigada!

Eu não poderia deixar de agradecer a Universidade Federal do Tocantins em especial a banca avaliadora, por contribuírem com meu crescimento pessoal e profissional e a cada professor que com seu conhecimento construíram em mim uma Química Ambiental.

Agradeço ao meu orientador, por acreditar que juntos seríamos capazes de realizar esse trabalho. Obrigada pela dedicação e empenho. Seu lema sempre foi “Desafio dado, desafio cumprido!” e sem dúvidas levarei isso por toda minha vida profissional.

RESUMO

O bioma do Cerrado ocupa uma extensão de aproximadamente 22% do território brasileiro e se destaca pela rica biodiversidade nele existente e ao mesmo tempo pela grande exploração decorrente da agricultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de diferentes herbicidas, no solo e sua ação sob a germinação em espécies de plantas nativas no Cerrado brasileiro. Foram avaliadas a germinação das espécies *Anacardium humile* e *Tabebuia aurea* frente ao solo contaminado com os herbicidas comerciais Glifosato[®] e Diuron[®], afim de avaliar seu poder toxicológico como resíduo no solo, em diferentes concentrações dos dois herbicidas escolhidos sendo essas concentrações respectivamente, [1]: 0,3 g.g⁻¹, [2]: 0,15 g.g⁻¹, [3]: 0,1 g.g⁻¹, [4]: 0,05 g.g⁻¹ e [5]: 0,01 g.g⁻¹, além do controle, solo sem contaminação. O período de avaliação da germinação para *A. humile* foi de 20 dias e para *T. aurea*, 30 dias. Os testes ecotoxicológicos foram evidenciados pela porcentagem e tempo de germinação das espécies. A espécie *T. aurea* mostrou maior sensibilidade frente a contaminação de um solo por Glifosato[®] onde a inibição foi de 100% para as concentrações [1], [2] e [3]. Para a mesma espécie o Diuron inibiu a germinação de 83% a 100% nas mesmas concentrações. Já para a espécie *A. humile* pôde-se observar uma diferença discrepante entre os dois herbicidas, na germinação da espécie na concentração [1], onde com a presença de Glifosato[®] a inibição foi de 100% e na presença de Diuron não houve bloqueio no crescimento da espécie. A ecotoxicologia auxilia no estudo de compostos nocivos ao meio ambiente, bem como a investigação de riscos ambientais causados sobre os organismos vivos, de modo a caracterizar a influência que estes compostos podem causar ao meio ambiente, utilizando dessa ferramenta para atenuar e promover a prevenção de problemas futuros.

Palavras-Chave: Cerrado. Cajuzinho-do-cerrado. Ipê Caraíba. Ecotoxicologia.

ABSTRACT

The "Cerrado" biome occupies an area of approximately 22% of the Brazilian territory and stands out for its rich biodiversity and, at the same time, the great exploitation of agriculture. The objective of this work was to evaluate the effect of the use of different herbicides on soil and its action under germination on native plant species in the Brazilian "Cerrado". The germination of the species *Anacardium humile* and *Tabebuia aurea* in the soil contaminated with the commercial herbicides Glyphosate[®] and Diuron[®] were evaluated in order to evaluate their toxicological potential as soil residue in different concentrations of the two herbicides chosen. [1]: 0,3 g.g⁻¹, [2]: 0,15 g.g⁻¹, [3]: 0,1 g.g⁻¹, [4]: 0,05 g.g⁻¹ e [5]: 0,01 g.g⁻¹, in addition to the control, soil without contamination. The germination period for *A. humile* was 20 days and for *T. aurea* 30 days. The ecotoxicological tests were evidenced by the percentage and time of germination of the species. The *T. aurea* species showed greater sensitivity to soil contamination by Glyphosate[®] where the inhibition was 100% for the concentrations [1], [2] and [3]. For the same species Diuron[®] inhibited germination from 83% to 100% at the same concentrations. However, for the species *A. humile*, it was possible to observe a difference between the two herbicides in the germination of the species in the concentration [1], where with the presence of Glyphosate[®] the inhibition was 100% and in the presence of Diuron[®] there was no blockage in the growth of the species. Ecotoxicology assists in the study of compounds harmful to the environment, as well as the investigation of environmental risks caused to living organisms, in order to characterize the influence that these compounds can cause to the environment, using this tool to attenuate and promote the prevention of problems.

Keywords: Closed. Cajuzinho-do-cerrado. Ipê Caraíba. Ecotoxicology.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 01	Distribuição e consumo de agrotóxicos no ano de 2006.....	16
Figura 02	Movimentação dos pesticidas pelo ecossistema.....	21
Figura 03	Área de distribuição do Bioma Cerrado no território brasileiro.....	23
Figura 04	(a) Sementes de <i>Anacardium humile</i> . no terceiro dia após a coleta; (b) Sementes de <i>Tabebuia aurea</i> após a realização da coleta.....	27
Figura 05	Porcentagem de germinação das sementes de <i>Anacardium humile</i> com presença de diferentes concentrações de Glifosato [®] e Diuron no	30
Figura 06	Porcentagem de germinação das sementes de <i>Tabebuia aurea</i> com presença de diferentes concentrações de Glifosato [®] e Diuron no	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Classificação dos agrotóxicos frente a periculosidade ao meio ambiente toxicidade prevista e suas principais ocorrências.....	18
Tabela 02	Avaliação da germinação de sementes de <i>Anacardium humile</i> com presença de diferentes concentrações de Glifosato [®] no solo pelo período de até 20 dias.....	33
Tabela 03	Avaliação da germinação de sementes de <i>Anacardium humile</i> com presença de diferentes concentrações de Diuron no solo pelo período de até 20 dias.....	34
Tabela 04	Avaliação da germinação de sementes de <i>Tabebuia aurea</i> com presença de diferentes concentrações de Glifosato [®] no solo pelo período de até 30 dias.....	35
Tabela 05	Avaliação da germinação de sementes de <i>Tabebuia aurea</i> com presença de diferentes concentrações de Diuron no solo pelo período de até 30 dias.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Agrotóxicos	15
3.1.1 Classificação.....	17
3.1.2 Toxicologia dos agrotóxicos.....	18
3.2 Contaminação e Poluição dos Solos	20
3.3 Bioma do Cerrado	22
3.3.1 Cajuzinho-do-Cerrado (<i>Anacardium humile</i>).....	24
3.3.2 Ipê caraíba (<i>Tabebuia aurea</i>)	25
3.4 Ensaios Ecotoxicológicos	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Coleta das Sementes	27
4.2 Preparo das Sementes	27
4.3 Preparo de Substrato e Concentrações	27
4.3.1 Ensaio Ecotoxicológico com Glifosato [®] e Diuron [®]	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6 CONCLUSÃO	37

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma de grande importância no cenário brasileiro (FELFILI, M. C.; FELFILI, J. M., 2001), sua tamanha biodiversidade pode ser equiparada a da floresta amazônica, sendo considerado o segundo maior bioma do território nacional (CUNHA et al., 2008). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2018) o Cerrado brasileiro é a região mais rica em diversidade de espécies nativas catalogadas, porém, uma grande parte de espécies de plantas endêmicas estão ameaçadas por diversas ações degradativas do homem.

Algumas dessas ações degradativas ao meio ambiente são promovidas principalmente pela agricultura, que sozinha vem modificando em alto grau o perfil natural do Cerrado (CUNHA et al., 2008). O seu relevo plano, predominante em uma grande extensão do Cerrado, juntamente com condições climáticas e baixo valor das terras agricultáveis, o torna viável sua utilização na agricultura intensiva, principalmente no plantio de monoculturas, como a soja. (EMBRAPA, 2002).

O avanço da agricultura, exigência por produtividade e maior quantidade de alimento a se produzir, permite que seu crescimento seja paralelo com o uso e consumo de defensivos agrícolas (ALMEIDA et al., 2017). Dentre eles, a classe dos herbicidas se destaca por sozinhos corresponderem a metade do consumo de agrotóxicos no Brasil (PETTER et al., 2016). Essas substâncias, em grande parte, são difundidas de forma indireta no solo cultivado, fixando-se nele por longos períodos de tempo podendo causar prejuízos ambientais, entre eles a germinação de sementes e desenvolvimento de plantas nativas do Cerrado, que de maneira mais ampla, podem ser dissipados através da cadeia alimentar e lixiviação no solo (LOPES, 2011).

Logo, o solo é vital para a manutenção da qualidade do meio ambiente, uma vez que o mesmo é o principal alicerce para o surgimento da biodiversidade de espécies vegetais presentes em um ecossistema (FELIX; NAVICKIENE; DÓREA, 2007). As plantas nativas do Cerrado por exemplo, necessitam de um solo sadio para seu desenvolvimento, uma vez que é do solo que retiram todos os nutrientes necessários para o seu crescimento e manutenção, podendo esses, serem comprometidos pela presença de defensivos agrícolas no solo (BERTONI; NETO, 2017; HARIDASAN, 2008).

Dentre a grande quantidade de espécies nativas do Cerrado expostas aos riscos ambientais causados pelo uso de herbicidas, destaca-se as espécies *Anacardium humile* conhecida popularmente como Cajuzinho-do-Cerrado, que tem características nutricionais devido fonte de vitaminas presentes em seu fruto (SANTOS; SANTOS JÚNIOR, 2015). Assim como a *Tabebuia aurea*, popularmente denominada Ipê caráiba; espécie de grande importância no cenário do Cerrado brasileiro, conhecida por possuir uma beleza deslumbrante que remete

ao Cerrado um colorido amarelo proveniente de sua flor, considerada a flor símbolo do Brasil (MENDES et al., 2017).

Um dos fatores mais preocupantes quanto a contaminação dos solos por herbicidas é sua toxicidade frente a germinação de sementes de espécies nativas do Cerrado brasileiro. Essa toxicidade, pode ser avaliadas a partir de ensaios ecotoxicológicos, “testes estes, que permitem investigar a germinação e o desenvolvimento da espécie quando exposta a diferentes concentrações de um determinado agente químico ou xenobiótico presente no ambiente (EMBRAPA, 2010; MASSARO, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de poluentes orgânicos, caso de dois herbicidas comerciais, no solo e sua ação sob a germinação em espécies de plantas nativas no Cerrado brasileiro.

2.2 Objetivo Específico

- Avaliar a toxicidade frente a germinação de sementes de *Anacardium humile* e *Tabebuia aurea* em diferentes concentrações de Glifosato[®] e de Diuron[®] no solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agrotóxicos

Os produtos fitossanitários também são conhecidos por agrotóxicos, praguicidas, defensivos agrícolas, pesticidas ou veneno. São definidos como produtos de ação tóxica que apresentam em sua formulação substâncias quimicamente sintetizadas com o intuito de equilibrar ou erradicar pragas, vetores transmissores de doenças e plantas invasoras (EMBRAPA, 1999; PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

Segundo a lei que dispõe sobre o uso dos agrotóxicos, Lei nº 7.802 de 11 DE JULHO DE 1989 regulamentada pelo Decreto nº 4.074/2002, define agrotóxicos e produtos afins como sendo:

"Produtos e 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".

O uso dos agrotóxicos se potencializou pós a Segunda Guerra Mundial, período no qual o Brasil adotava a modernização no campo como uma nova forma de produção. A exemplo desse processo destaca-se: o uso da monocultura e de novas tecnologias no campo partindo da mecanização agrícola com o uso de tratores, colheitadeiras e semeadoras e ainda outras tecnologias que envolveram o manejo do solo e a utilização de fertilizantes como alternativa para o aumento da produtividade. Com a mesma intensidade, esse período foi marcado pelo incentivo à produção industrial, pela isenção fiscal e investimentos em novas formulações de defensivos agrícolas como forma de minimizar os problemas causados pela perda decorrentes provocadas por pragas agrícolas (ALMEIDA et al., 2017; JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009).

Os agrotóxicos são os principais responsáveis por graves impactos ambientais, como a contaminação dos solos e o surgimento de doenças crônicas à população, podendo afetar de duas formas: tanto de forma aguda, aqueles que estão expostos de maneira direta ao manusear esses insumos, como efeitos crônicos, pelo consumo de alimentos contaminados. Dessa forma, o uso dos agrotóxicos apresentam hoje, um importante problema de saúde pública e ambiental, principalmente pela amplitude no qual seu consumo vem sendo dissipado em todo o planeta (ALMEIDA et al., 2017).

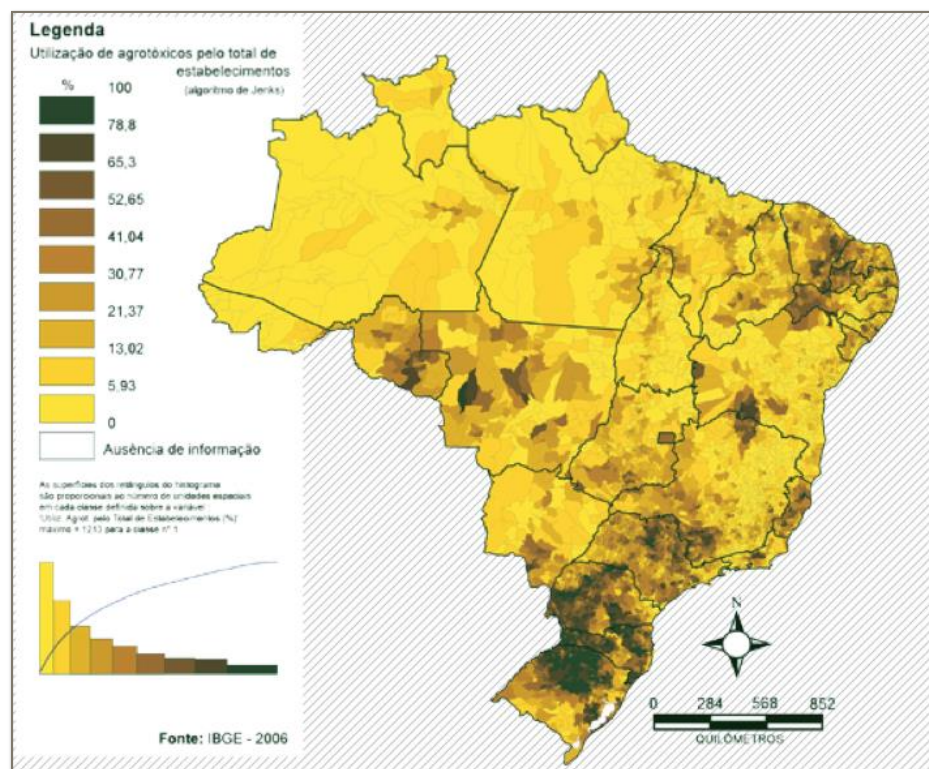
Apesar de apresentar inicialmente um efeito nocivo, o uso dos agrotóxicos reduz até 35% as perdas de lavouras provenientes de ácaros, fungos, plantas daninhas, bactérias,

nematóides e insetos em geral, principalmente como modelo de produção adotado e a grande demanda de alimentos, é necessário adotar meios que garantam a produção em grande escala sem que ocorram prejuízos relacionados a presença de pragas (EMBRAPA, 1999).

Os agrotóxicos se destacam ainda por sua grande disponibilidade e o contato com os resíduos desses produtos. Segundo análises realizadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pelo Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos (PARA) em 2011, em todos os estados brasileiros, cerca de um terço dos alimentos consumidos foram contaminados pelo uso de agrotóxicos sendo o estado do Mato Grosso, responsável sozinho pelo consumo de 18,9% de todo agrotóxico no país (ABRASCO, 2012).

Segundo Dossiê Abrasco (2012), a distribuição heterogênea do uso de agrotóxicos, mostrado na Figura 01, se dá pela grande concentração de plantio de monocultura como culturas de milho, arroz, soja, algodão e cana-de-açúcar, onde o consumo de defensivos é mais representativo.

Figura 01: Distribuição e consumo de agrotóxicos no ano de 2006.



Fonte: Adaptado de ABRASCO, 2012.

A ação tóxica do herbicida Glifosato[®] nas plantas, consiste em inibir a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), responsável pela catálise e condensação do

ácido chiquímico e do fosfato piruvato, comprometendo a síntese dos aminoácidos triptofano, fenilalanina e tirosina, provocando assim, sintomas característicos de clorose foliar seguida de necrose. Assim, a maioria dos defensivos agrícolas utilizado em lavouras, independente de sua classificação, tem uma característica em comum: bloquear de forma eficiente o processo metabólico fisiológico de um organismo e as características vitais dos seres vivos que se deseja eliminar (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2003).

Atualmente, a atividade agrícola tem se destacado pelo crescente aumento de áreas plantadas. Somente entre os anos de 2007 e 2014 houve um crescimento de 22% de hectares plantados ao ano. Porém esse número é desproporcional, quando comparado ao consumo de agroquímicos comercializados nesse mesmo período que foi cerca de 141,5%, revelando o uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras, sendo que o ano de 2014 superou o uso do produto no Brasil (ALMEIDA et al., 2017).

3.1.1 Classificação

A classificação dos agrotóxicos é de extrema importância em meio a grande diversidade de produtos que são comercializados. Conhecer a sua funcionalidade química específica e a praga ao qual o agrotóxico controla, ajudam a definir qual tratamento oferecer em caso de intoxicações e acidentes ambientais, uma vez que existem variadas formulações e princípio ativo (ABRASCO, 2012).

Os agrotóxicos são classificados segundo sua função química: a) inseticidas: atuam no combate de insetos na lavoura; b) fungicidas: combate contra fungos; c) herbicidas: utilizado no combate a ervas daninhas indesejadas e d) outros: grupos importantes que incluem os desfoliantes, raticidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas e fumigantes atuando no combate à folhas indesejadas, roedores, nematóides, moluscos, ácaros e bactérias do solo, respectivamente. (YAMASHITA; SANTOS, 2009).

Os defensivos agrícolas podem ainda ser classificados em orgânicos: como por exemplo os clorados, clorofosforados, carbamatos (nitrogenados) e fosforados; em inorgânicos que englobam os defensivos que contém em sua formulação: cádmio, chumbo, zinco arsênio, mercúrio, bário, nitrogênio, cobre, fósforo, ferro, tálio, selênio; e ainda os botânicos que contém rotenona, sabadina, nicotina e piretrina (BAIRD, 2002).

Podem ainda ser classificados segundo o grau de periculosidade que oferecem ao meio ambiente, sendo: Altamente Perigoso (Classe I), Muito Perigoso (Classe II), Perigoso (Classe III) e Pouco Perigoso (Classe IV). A Tabela 01 resume essa classificação frente a periculosidade que exercem ao meio ambiente (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

Tabela 01: Classificação dos agrotóxicos frente a periculosidade ao meio ambiente, toxicidade prevista e suas principais ocorrências.

Classificação quanto ao grau de periculosidade ao meio ambiente	Toxicidade	Ocorrências
Classe I	Altamente perigoso	Organoclorados.
Classe II	Muito Perigoso	Atrazina [®] , Diuron [®] .
Classe III	Perigoso	Glifosato [®] , Carbaril [®] .
Classe IV	Pouco perigoso	Agefix [®] , Oppa [®] .

Fonte: BRAIBANTE; ZAPPE, 2012.

3.1.2 Toxicologia dos agrotóxicos

A toxicologia é um ramo da ciência que estuda os efeitos nocivos causados aos organismos vivos proveniente do contato com substâncias tóxicas, sendo estas de origem sintéticas (produzidas a partir de produtos químicos), como a grande maioria dos agrotóxicos, ou natural (que são encontradas no próprio meio ambiente) (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009).

Na química ambiental, o estudo da toxicologia ambiental tem como objetivo avaliar diretamente os malefícios causados aos organismos vivos, advento do contato com substâncias químicas no ambiente, ramo da toxicologia denominado Ecotoxicologia (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

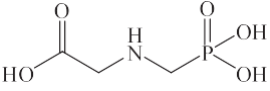
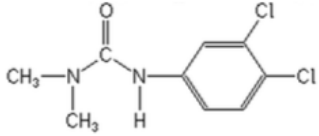
A determinação da toxicidade de um agente químico pode ser determinada, por exemplo, pelos ensaios toxicológicos via injeções ou consumo (via gavagem) da substância tóxica nos organismos testes (geralmente ratos e camundongos), e dessa forma, avaliar sua ação tóxica no organismo e sua influência em sua homeostase e características vitais (OGA, 1996).

Por outro lado, o estudo ecotoxicológico que envolve a interação entre os herbicidas e o solo é bastante complexa, pois depende de várias propriedades, entre elas variação de pH, teor de nutrientes e matéria orgânica, porosidade do solo, textura, permeabilidade. Sendo necessário um conhecimento tanto das características físico-químicas do defensivo (contaminante no solo) quanto as do solo contaminado. Dependendo das características da relação solo-herbicida, pode-se influenciar negativamente nas culturas seguinte, na perda da

biodiversidade, e ainda causar risco de contaminação de águas tanto superficiais como subterrâneas (ROCHA et al., 2013).

O Quadro 01 apresenta dois exemplos dos principais princípios ativos presentes nos herbicidas : Glifosato[®] e Diuron[®], culturas agrícolas utilizadas e toxicidade ambiental (ARAÚJO et al., 2012).

Quadro 01: Principais características dos agrotóxicos Glifosato[®] e Diuron[®] quanto a periculosidade à saúde.

Características	Glifosato [™]	Diuron [™]
Classe	Herbicida	Herbicida
Nomeclatura (IUPAC)	<i>N</i> - (fosfometil) glicina	3-(3,4 dicloro- fenil)-1,1 dimetilureia
Classificação toxicológica	III – Mediamente tóxico	II- Altamente tóxico
Fórmula estrutural		
Fórmula molecular	C ₃ H ₈ NO ₅ P	C ₉ H ₁₀ Cl ₂ N ₂ O
Grupo químico	Glicina substituída	Uréia
Utilização em culturas agrícolas	Feijão, arroz, pastagens, banana, cacau, coco, café, cana-de-açúcar, citros, fumo, maçã, ameixa, mamão, milho, nectarina, pastagens, pera, pêssego, soja, trigo, uva, algodão.	Cana-de-açúcar, citros, café, algodão, abacaxi, videira, cacau, banana, alfafa e seringueira.

Fonte: Adaptado de AMARANTE JUNIOR et al., 2001; ARAÚJO et al., 2012; PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003.

3.2 Contaminação e poluição dos solos

O solo é considerado um elemento básico para a manutenção da vida na Terra. Já do ponto de vista químico, o solo pode ser definido como sendo um conjunto de elementos que constituem uma parcela sólida do meio ambiente. Um solo saudável está em equilíbrio com a

natureza, no entanto, qualquer anomalia nele presente como: erosão, salinização, lixiviação, desertificação, degradação física e a poluição, que ocorrem em decorrência do uso de contaminantes químicos, pode causar grandes impactos a todo o ecossistema que o envolve (BERTONI; NETO, 2017; LEPSCH, 2010).

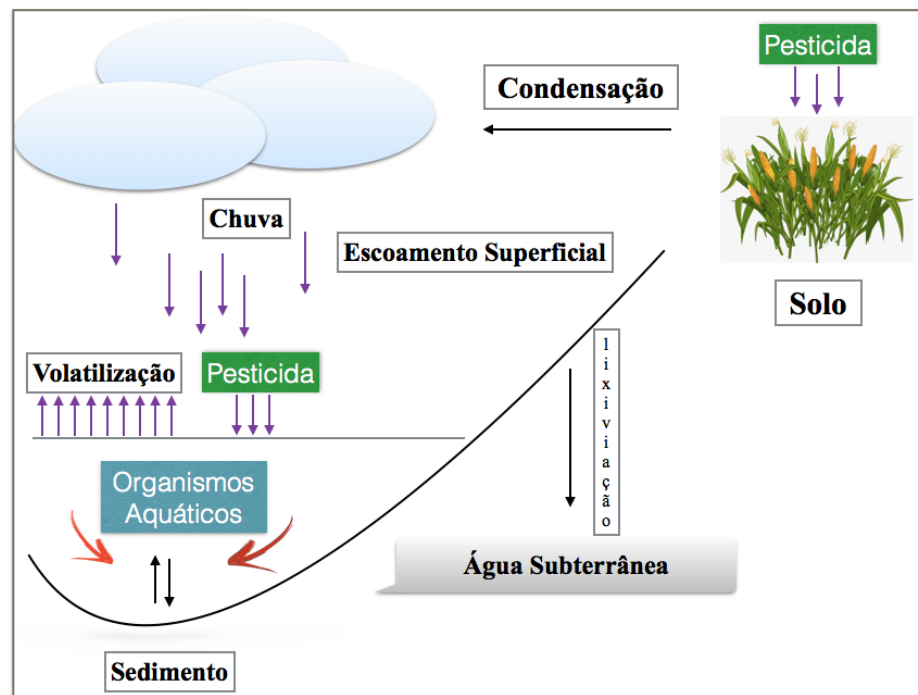
Naturalmente o solo é responsável por receber matéria orgânica residual, atuando na reciclagem de nutrientes, contudo, o uso de defensivos químicos provenientes da agricultura, resíduos residenciais e industriais que são lançados de forma abusiva, quando em contato com meio ambiente, são dissipados de forma natural e podem gerar impactos negativos a natureza (LEE et al., 2018; LEPSCH, 2010).

O processo de contaminação do solo torna-se hoje, praticamente inevitável. Altas concentrações de poluentes químicos são encontrados nos solos das regiões polares e estimam-se que esses poluentes conseguem se volatilizar pela atmosfera partindo de seus locais de origem e condensando-se em regiões frias. Ocorrido o processo de condensação, estes poluentes por sua vez, precipitam-se sobre os solos, em que este processo de poluição ocorre naturalmente e pode ser considerado como uma destilação global (AMATO; TORRES; MALM, 2002).

A contaminação dos solos por agrotóxicos tornou-se um problema ambiental de transtorno global, uma vez que sua degradação causa prejuízos ao ar, a vegetação, a fauna e às águas superficiais e subterrâneas a ele associados. É fundamental o entendimento da influência negativa em relação ao uso dos agroquímicos no processo de contaminação para que dessa forma, se busque os meios propícios a se minimizarem tais efeitos (FELIX; NAVICKIENE; DÓREA, 2007).

Um solo muitas vezes cultivado, tem capacidade de contaminação dez vezes maior que um solo estável em sua forma natural. De acordo com o perfil do solo, esse pode causar a poluição do lençol freático por meio do processo de lixiviação, onde os poluentes são levados de forma subterrânea, de um local para outro. A Figura 02 mostra as formas como esses poluentes são capaz de se movimentar pelo ecossistema (FELIX; NAVICKIENE; DÓREA, 2007).

Figura 02: Movimentação dos pesticidas pelo ecossistema.



Fonte: Adaptado de FELIX; NAVICKIENE; DÓREA, 2007.

Os produtos químicos de uso agrícola proporcionam uma série de vantagens econômicas, porém são tidos como poluentes do meio ambiente, uma vez que tais produtos não tenham sido manejados corretamente. Muitos estudos ainda são necessários para que o uso dessa técnica possa conciliar as necessidades do homem as necessidades do meio ambiente, de forma que seja evitada a degradação do solo e de suas espécies vivas (RIBAS; MATSUMURA, 2009)

De modo geral, os agrotóxicos que são introduzidos no solo pelo homem permanecem ali fixados durante muitos anos. Dessa forma tornam-se presentes nos alimentos que por sua vez podem ser absorvidos por organismos vivos gerando assim uma cadeia alimentar venenosa, capaz de levar até mesmo a morte. Outro modo no qual os praguicidas contaminam o meio ambiente, é por meio de lixiviação, processo que leva as substâncias presentes no solo, de um local para outro, difundindo-se assim por todo o meio ambiental, considerado um problema global (LOPES, 2011).

Em relação ao que foi exposto, o primeiro registro de manifesto contra o uso de herbicidas ocorreu em 1962 com a publicação do livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson que mostra uma ampla visão dos malefícios causados pelo uso de praguicidas e como

eles se dissipam no solo e cadeia alimentar, já que são substâncias lipossolúveis e bioacumuláveis (FELIX, F. F.; NAVICKIENE S.; DÓREA, H. S, 2007).

Uma forma de manter o solo saudável e remediar sua contaminação é via processo físico-químico chamado sorção, processo onde as moléculas de pesticidas são retidas a uma superfície sólida, depende tanto das propriedades solo como das características químicas da molécula do herbicida que está em contato com esse solo (ARAÚJO et al., 2012; GERÓNIMO; APARICIO; COSTA, 2018; PETTER et al., 2016).

3.3 Bioma do Cerrado

Segundo os dicionários da língua portuguesa Ferreira (2009) e Houaiss; Villar (2009) o Cerrado é definido como sendo uma mata plana de formação arbórea, com vegetação herbácea, cujas as árvores apresentam baixo porte, caules tortuosos, casca grossa e raízes profundas, o que permite a essas espécies resistirem a longos períodos de seca.

Cada bioma tem sua localização própria que é definida por fatores geográficos como: temperatura, umidade relativa, componentes do solo, clima e precipitação das chuvas (KLINK; MACHADO, 2005). No que diz respeito ao Cerrado, é importante destacar que trata-se de um bioma com características sazonais, com duas estações bem definidas, sendo uma estação seca que compete aos meses de abril a setembro e outra chuvosa no período entre outubro e março (GOMES; MIRANDA; BUSTAMANTE, 2018).

Considerado o segundo maior bioma da América do Sul em extensão territorial, o Cerrado chega a atingir 22% do território brasileiro (GOMES; MIRANDA; BUSTAMANTE, 2018). Sua localização (Figura 03) se expande principalmente pelos estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Tocantins. Além de se incidirem sobre uma pequena parcela dos estados de Amazonas, Roraima e Amapá, chegando a atingir uma área de 2.036.448 km² (BRASIL, 2018).

Figura 03: Área de distribuição do Bioma Cerrado no território brasileiro.



Fonte: Adaptado de SANO et al., 2008.

Nesse contexto cabe traçar um paralelo com a rica biodiversidade encontrada no Cerrado, observada pelas paisagens naturais e pela vegetação classificada como florestas, campos e savanas (BICALHO; MIRANDA, 2015).

A biodiversidade de espécies vegetais do Cerrado é muito ampla e se dividem em três grupos: Formação Florestais (que englobam as Matas de Galerias, Mata Ciliar, Mata Seca e Cerradão); Savânicas (caracterizada pelo Cerrado sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeira e Vereda) e Campestres (onde se destaca a vegetação de Campo Sujo Campo Limpo e Campo Rupestre (EMBRAPA, 2018).

Outra grande riqueza encontrada dentro do espaço territorial que compete ao Cerrado e potencializa ainda mais sua biodiversidade, são os recursos hídricos. É no Cerrado que se encontram as nascentes das bacias hidrográficas do Prata, São Francisco e Amazônica/Tocantins (BRASIL, 2018).

Um fato preocupante em relação diversidade de espécies e riquezas encontradas no bioma do Cerrado são os fatores que provocam a perda da biodiversidade, como as mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global, a exploração da fauna e da flora, a perda de habitat, a agricultura exploratória da monocultura e programas de reflorestamento que modificam o ambiente natural, a modificação dos solos pelo uso de fertilizantes e a ainda

contaminação ambiental provenientes do uso de agroquímicos utilizados no controle e erradicação de pragas na agricultura (BRASIL, 2018).

A exploração agropecuária, contribui com uma grande parcela nas transformações das características naturais, em especial do Cerrado e o uso intensivo do solo constitui um dos maiores problemas ambientais, em razão de algumas práticas como a monocultura, o desmatamento e o uso intensivo de defensivos agrícolas (CUNHA et al., 2008).

Logo, um ponto que merece destaque é a conservação da biodiversidade, como a conservação de espécies nativas. Devido isso, 8,21% de seu território que abrange o Cerrado é protegido por unidades de conservação (BRASIL, 2018). O Cerrado é rico em Angiospermas, esse grupo se caracteriza-se possuírem raízes, caule, folhas, flores, sementes e frutos, e em todo o território brasileiro, representa cerca de 34% da biodiversidade de plantas (BICALHO; MIRANDA, 2015).

Apesar de sua importância ambiental, o Cerrado é um bioma de importante aspecto social e econômico uma vez que ele abriga diversas etnias como os ribeirinhos, índios e quilombolas, que sobrevivem de suas riquezas naturais para sua subsistência (CUNHA et al., 2008).

3.3.1 Cajuzinho-do-Cerrado (*Anacardium humile*)

Também conhecida popularmente por Cajuí, Cajuzinho-do-Cerrado a espécie *Anacardium humile*, da família *Anacardiaceae*, se destaca pela produção de frutos de alto valor nutricional, que são utilizados tanto para o consumo *in natura*, na culinária típica local, o que torna uma espécie de grande valor econômico (SANTOS; SANTOS JÚNIOR, 2015).

O fruto do cajuzinho-do-Cerrado, é composto por uma castanha ligada a um pedúnculo, também denominado pseudofruto que é a parte carnosa do cajuí. Além de ser utilizado pelo homem na produção de diversos alimentos, o cajuzinho é uma espécie de grande importância ecológica uma vez que seu fruto serve de alimento para grande parte de aves nativas do Cerrado (GRANDO, 2009).

A espécie *Anacardium humile* tem floração e frutificação no período de mudança climática do Cerrado, predominante entre os meses de julho a setembro, e possui caule subterrâneo que impede que a planta venha a sofrer com prolongada estiagem característica do Cerrado brasileiro (GRANDO, 2009).

3.3.2 Ipê caraíba (*Tabebuia aurea*)

Popularmente conhecida como Ipê-amarelo, Pau-d'arco, Para-tudo ou ainda Ipê-Caraíba, a *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, pertence a família *Bignoniaceae* que ocorre em regiões tropicais e contém cerca de 120 gêneros e 800 espécies distintas, destacando-se os gêneros *Tabebuia* e *Handroanthus* (PÓVOAS, 2015).

A espécie *T. aurea* é uma planta de porte médio, 12 a 20 metros de altura, algumas de suas características são: base dilatada, casca exterior apresenta fissuras de cor castanho-acinzentada e sua floração ocorre entre os meses de agosto e setembro (MENDES et al., 2017; MELO, 2015).

A distribuição e dissipação de sementes do Ipê caraíba ocorre logo após o período de floração, quando sua vagem é desobstruída. As sementes formadas possuem uma característica importante de germinação, ou seja, as sementes de um mesmo fruto não possuem tempo de germinação semelhantes entre si, elas germinam por diferentes períodos de tempo mesmo quando inoculadas simultaneamente (OLIVEIRA; SCHLEDER; FAVERO, 2006).

Além de ser comumente utilizada para fins ornamentais, o Ipê Caraíba é também muito importante para uso medicinal, sendo esse utilizado como diurético, anti-inflamatório, analgésico, depurativo, e ainda no tratamento de anemia e no preparo de xaropes (SANTOS, 2012).

3.4 Ensaios Ecotoxicológicos

A ecotoxicologia é uma ciência de extrema importância na investigação de riscos ambientais e de efeitos tóxicos causados sobre os organismos vivos, seja de animais ou vegetais, de modo a caracterizar a influência que estes seres podem sofrer em um certo período de tempo, quando em contato a um meio alterado (LIMA, 2010).

Dessa forma é possível avaliar os efeitos da exposição de um organismo vivo a diferentes concentrações de um agente poluidor, que são utilizados e descartados de forma inadequada pelo homem, bem como medicamentos, produtos químicos de uso na agricultura, efluentes industriais e domésticos, dentre outros (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

Os ensaios ecotoxicológicos não necessariamente devem seguir um padrão laboratorial, sendo possível testar diferentes agentes poluidores em diferentes organismos, desde que sejam espécies animais ou vegetais, que não sejam extintos da fauna e flora, e que apresentem fácil tipo de captura ou coleta, respectivamente. Outras características devem ser observadas ao se escolher uma espécie para teste, bem como, facilidade de manuseio laboratorial, importância ecológica, comercial e econômica e abundância da espécie (LIMA, 2010).

As análises ecotoxicológicas permitem ainda prever um determinado impacto que possa ser causado ao meio ambiente no futuro, tornando possível corrigir ou prevenir uma ação de degradação ambiental (HAMADA, 2008).

A expansão da agricultura nos últimos anos tem tornado maior o uso de produtos químicos no controle de pragas de diferente natureza. Entretanto, poucos são os estudos relacionados ao impacto que esses produtos tem causado às espécies vegetais. Os testes ecotoxicológicos torna possível a caracterização dos efeitos causados pela contaminação de um solo poluído por agroquímicos em diferentes concentrações, frente a germinação de espécies vegetais, de modo geral (FERREIRA et al., 2014).

Dessa forma, a Ecotoxicologia possui grande relevância em levantar as possíveis consequências da presença de um determinado xenobiótico no solo frente o desenvolvimento biológico de um ecossistema específico, investigando até que ponto seus efeitos serão nocivos a este meio e aos seres vivos que nele habitam (ROCHA et al., 2013).

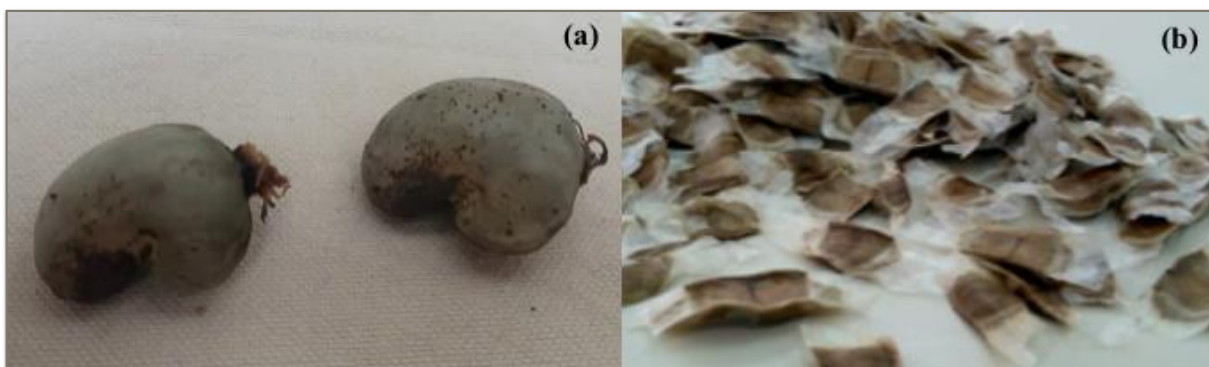
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta das Sementes

As sementes de *Anacardium humile* (Figura 04a) foram coletadas no mês de setembro de 2018, em área rural localizada no km 25 da rodovia - TO 374 que liga as cidades de Gurupi e Dueré, na região conhecida por do vale do Tucum, município de Gurupi, Estado do Tocantins.

Já as sementes de *Tabebuia aurea* (Figura 04b), foram coletadas no “Sesc Gurupi / Unidade Parque Primavera”, localizado na Quadra A1, Alameda 03, Rua 09- Setor Parque Primavera, no município de Gurupi, Estado do Tocantins, em agosto de 2018.

Figura 04: (a) Sementes de *Anacardium humile*. no terceiro dia após a coleta; (b) Sementes de *Tabebuia aurea* após a realização da coleta.



Fonte: Acervo da autora.

4.2 Preparo das Sementes

As sementes de ambas as espécies foram submetidas a assepsia em solução de hipoclorito de sódio 1% durante um minuto, decorrido o tempo, foram lavadas 3x em água destilada. Em seguida a assepsia, as sementes livre de umidade foram armazenadas em béqueres devidamente cobertos com papel toalha e mantidas em temperatura ambiente até a condução do experimento.

4.3 Preparo de Substrato e Concentrações

Para todos os ensaios ecotoxicológicos utilizou-se como substrato terra preta adquirida em uma casa de jardinagem da cidade de Gurupi-TO. As sementes foram inoculadas em sacos plásticos pretos de polietileno de baixa densidade, próprios para plantio de mudas, de tamanho 10x17 cm².

4.3.1 Ensaio Ecotoxicológico com Glifosato[®] e Diuron[®].

Afim de avaliar influência do Glifosato[®] presente no solo frente a germinação das espécies nativas: Cajuzinho-do-Cerrado e Ipê caraíba, foram preparadas cinco diferentes concentrações do herbicida no solo (substrato). As concentrações foram formuladas em capela de exaustão com os equipamentos de proteção individual.

As concentrações adotadas, para o Glifosato[®], no experimento foram respectivamente, [1]: 0,3 g.g⁻¹, [2]: 0,15 g.g⁻¹, [3]: 0,1 g.g⁻¹, [4]: 0,05 g.g⁻¹ e [5]: 0,01 g.g⁻¹, além do controle, sem a presença do herbicida.

Foram usadas as mesmas concentrações e controle para as duas espécies nativas avaliadas, cada concentração preparada, assim como o controle, foram conduzidos em triplicata, sendo 4 sementes por saquinho. O período de avaliação da germinação para o Cajuzinho-do-Cerrado foi de 20 dias e para a germinação das sementes de Ipê caraíba por 30 dias.

Todo o experimento foi conduzido em temperatura ambiente, com a manutenção constante da umidade do substrato em ambiente não controlado, realizado no Laboratório de Análises Ambientais da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi.

A evolução do experimento foi acompanhada diariamente e ao término do experimento, os resíduos foram coletados e conduzidos ao aterro sanitário para a deposição adequada.

O mesmo parâmetro foi adotado para a condução do experimento adicionando o contaminante Diuron[®] ao substrato.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação de *A. humile* em solo contaminado com Glifosato® e Diuron®, está representado na Figura 05. No solo tratado com Glifosato®, foi observado que o mesmo inibiu a germinação e desenvolvimento das sementes que foram inoculadas em altas concentrações, no entanto, para as concentrações com baixo teor de contaminação foram observados a inibição parcial da germinação, principalmente quando comparado ao controle. Já no solo contaminado com Diuron® a espécie *A. humile* manifestou alta tolerância à presença dos contaminantes no solo, na qual a inibição da germinação foi irrisória, muito próxima ao encontrado no controle.

Ainda em relação a Figura 05, é possível descrever um paralelo de germinação entre a espécie *A. humile* na presença dos dois diferentes herbicidas. O Glifosato® apresentou toxicidade à espécie inibindo a germinação, esse efeito pode ser observado principalmente na concentração [1] (0,3 g/g), que é muito maior que a indicada pelo fabricante, já nas demais concentrações o mesmo herbicida apresentou uma inibição considerável. Em solos contaminados com Diuron® o efeito tóxico manifestado foi menor, quando comparado ao Glifosato®, com uma inibição de germinação praticamente nula.

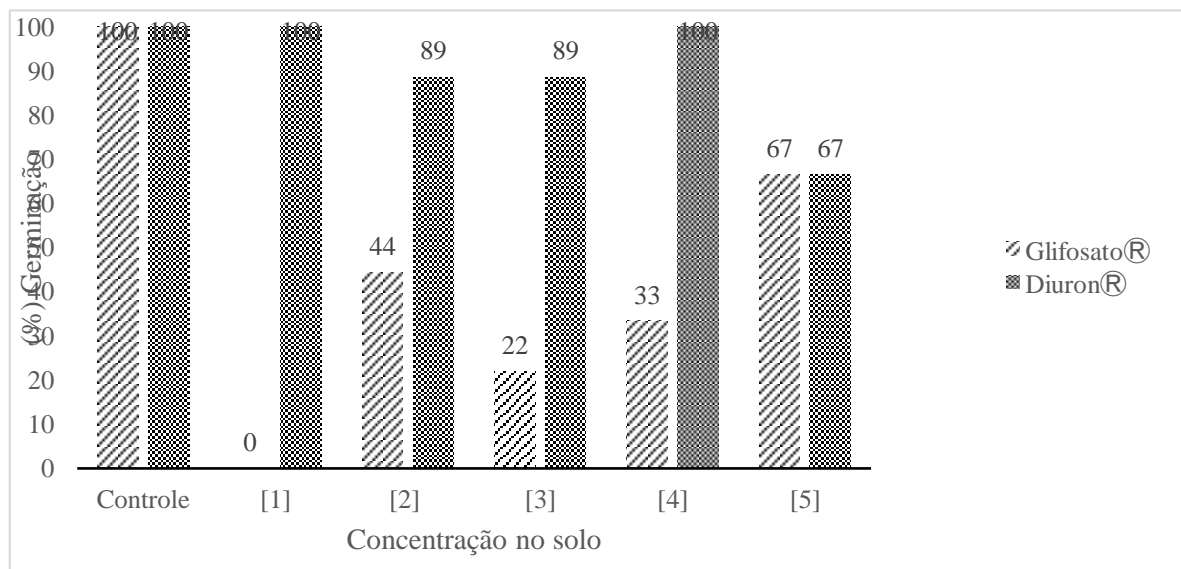
A alta toxicidade do Glifosato® para a espécie *A. humile*, pode ser explicada pelos mecanismos de ação do agrotóxico sobre a espécie, que pode atuar sobre a cadeia de transporte de elétrons mitocondrial, dificultando a geração de energia necessária para a germinação de sementes, que vai contra as informações obtidas no rótulo do produto que evidenciam ação pós emergente (GOMES et al., 2017). Estudos realizado por Helander et al., (2018), fundamentados na exposição de organismos vivos de origem fúngicas e vegetais em meio contaminado por Glifosato®, afirma que o efeito tóxico do Glifosato® sobre as plantas, pode também explicado pela ação inibidora da via chiquimato, responsável pela biossíntese das moléculas triptofano, fenilalanina e tirosina, encontrada nas plantas, fungos e bactérias, estando essa via presente na espécie *A. humile* (SILVA, 2013).

Para a espécie *A. humile* o Diuron® não apresentou um grau de toxicidade significativa, porém trata-se de um produto com ação pré e pós emergente, levando assim a observação de outras características relacionadas a pós emergência durante a condução do experimento. Apesar de não ser o foco do trabalho, observou-se, que alguns dias após a germinação da espécie as mesmas apresentaram características visuais de amarelento seguido de necrose em sua folha, que são características de intoxicação. Outra curiosidade pode ser visualizada no decorrer do experimento quanto a altura da planta na concentração [5], que foi bem maior quando comparado ao controle. Esse comportamento se assemelha aos estudos realizados por Silva, et

al., (2012) relacionados a hormese, que comprova melhor desenvolvimento de plantas quando em contato com concentrações de herbicidas muito menores que as indicadas pelo fabricante.

Estudo semelhante a este foi desenvolvido por Gomes et al., (2017), que investigou os efeitos do Glifosato® na germinação e interferência do metabolismo respiratório de sementes de *Dimorphandra wilsonii*, uma espécie também nativa do Cerrado popularmente conhecida como Faveiro de Wilson. O resultado obtido comprova que o Glifosato® diminui a germinação das sementes nativas do Cerrado, afetando a cadeia de transporte de elétrons mitocondrial e a geração de energia necessária para a germinação de sementes, complementando que o uso de herbicidas em habitats naturais deve ser evitado.

Figura 05: Porcentagem de germinação das sementes de *Anacardium humile* com presença de diferentes concentrações de Glifosato® e Diuron® no solo.



A porcentagem de germinação da espécie *T. aurea* em solo contaminado por Glifosato® pode ser acompanhada na Figura 06 onde observou-se o bloqueio total da germinação na concentração [3], concentração essa indicada pelo fabricante, assim como já esperado para as concentrações [1] e [2]. Já para a concentração [4], a inibição da germinação ainda foi relevante, em que apresentou bloqueio de 75% da germinação das sementes, revelando uma grande sensibilidade da espécie *T. aurea* frente a presença Glifosato®.

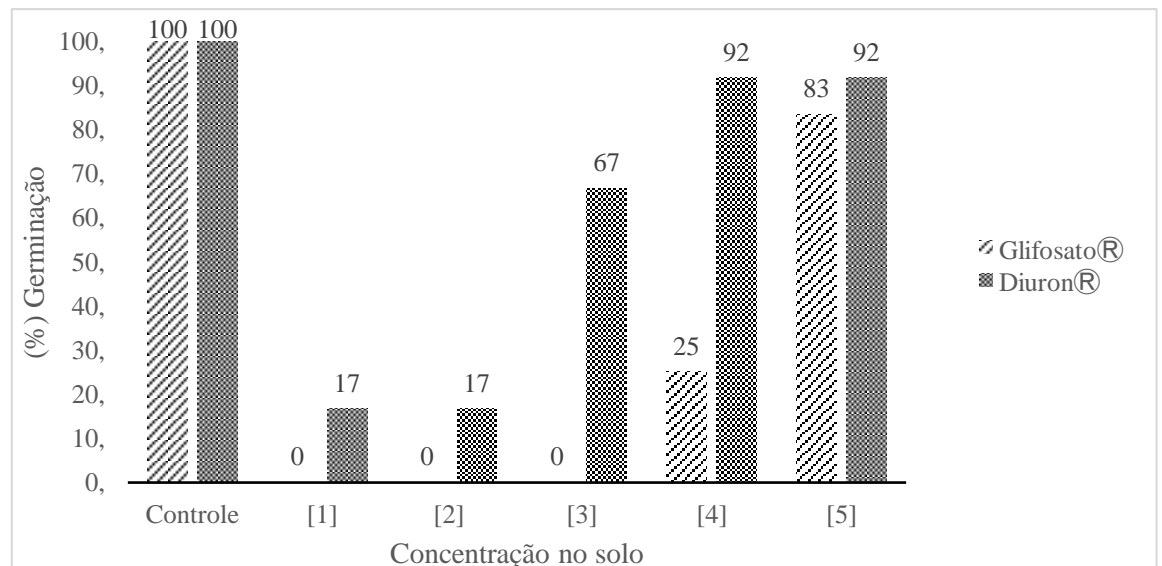
Nas mesmas condições, o Diuron® apresentou 83% de inibição para as duas concentrações mais elevadas. Para as demais concentrações não houve uma inibição significativa, podendo ser tolerável o uso do herbicida de acordo com as concentrações informadas no rótulo pelo fabricante, para a espécie *T. aurea*.

As espécies *A. humile* e *T. aurea* apresentaram maior resistência ao solo contaminado por Diuron[®], e o ensaio ecotoxicológico realizado em ambas as espécies, o Glifosato[®] apresentou menor grau de toxicidade para a espécie *A. humile* e um alto grau de toxicidade para *T. aurea*.

Apesar dos herbicidas apresentarem mecanismo de atuação diferentes, eles são capazes de influenciar o acúmulo de nutrientes na semente, o que leva o seu não desenvolvimento danificando assim a germinação das sementes (QI et al., 2018).

Comparando ainda as espécies *A. humile* e *T. aurea* notam-se que a influência do uso de Glifosato[®] no solo depende da espécie ao qual está sendo avaliado (HELANDER et al., 2018). Boutin et al., (2012) e ainda Olszyk et al., (2017) apontam em estudos semelhantes a este, onde foram avaliadas dosagens sub-letais, que o solo contaminado pela presença de agroquímicos pode afetar num atraso na floração da planta adulta desenvolvida nesse meio, bem como diminuir a quantidade de sementes por planta.

Figura 06: Porcentagem de germinação das sementes de *Tabebuia aurea* com presença de diferentes concentrações de Glifosato[®] e Diuron[®] no solo.



Para a condução do teste de ecotoxicidade para a espécie *A. humile*, em solo contaminado com Glifosato[®], quando avaliadas as germinações da espécie por um período de 20 dias, como descrito na Tabela 02. Foi possível observar que a germinação das sementes inoculadas no controle, levou um período de 8 a 15 dias, quando registrou-se a germinação de 100% da espécie. Para as concentrações [1] e [2], não houve germinação da semente no período

entre 0 a 20 dias, apresentando assim características de efeito tóxico proveniente do uso do herbicida em altas concentrações. Apesar de as sementes terem germinado nas concentrações [3], [4] e [5], a presença do produto químico proporcionou retardo na germinação, quando presente no solo. Dessa forma verificou-se que quando não houve bloqueio devido a ação do Glifosato[®], houve uma prolongação no tempo de germinação da espécie.

Tabela 02: Avaliação da germinação de sementes de *Anacardium humile* com presença de diferentes concentrações de Glifosato[®] no solo pelo período de até 20 dias.

Concentração no solo	Período de germinação				
	0 a 3 dias	4 a 7 dias	8 a 11 dias	12 a 15 dias	16 a 20 dias
Controle	-	-	+	+	-
[1]	-	-	-	-	-
[2]	-	-	-	-	+
[3]	-	-	-	+	+
[4]	-	-	-	+	+
[5]	-	-	-	+	+

(+) Período de germinação.

(-) Período sem ocorrência de germinação.

Ainda avaliando a espécie *A. humile* (Tabela 03), assim como no experimento anterior, a germinação das sementes no controle, iniciaram após 8 dias e se estenderam até um período de 15 dias, evidenciando assim o período de normalidade para o crescimento da espécie. Em altas concentrações de Diuron[®], as poucas sementes germinadas demandaram maior tempo para brotar, quando comparado ao controle. É possível comprovar partir da Tabela 03 que nas concentrações [4] e [5] não houve interferência quanto ao tempo de germinação, mostrando ser para a espécie, uma concentração favorável.

Tabela 03: Avaliação da germinação de sementes de *Anacardium humile* com presença de diferentes concentrações de Diuron[®] no solo pelo período de até 20 dias.

Concentração no solo	Período de germinação				
	0 a 3 dias	4 a 7 dias	8 a 11 dias	12 a 15 dias	16 a 20 dias
Controle	-	-	+	+	-
[1]	-	-	+	+	+
[2]	-	-	-	+	+
[3]	-	-	+	+	+
[4]	-	-	+	+	-
[5]	-	-	+	+	-

(+) Período de germinação.

(-) Período sem ocorrência de germinação.

Para o teste de ecotoxicidade da espécie *T. aurea* frente a presença de diferentes concentrações de Glifosato[®] no solo, avaliadas as germinações da espécie em um período de 30 dias (Tabela 04), observou-se que a germinação das sementes que foram inoculadas no controle, iniciaram no período entre 13 e 25 dias. Nas concentrações [1], [2] e [3] não houveram emergência da semente no período de 0 a 30 dias, apresentando assim características de efeito tóxico proveniente do uso do herbicida em alta concentração. Para a concentração [4], o baixo desenvolvimento da semente apontou retardo no período de germinação que teve início após 19 dias de inoculação. O teste revelou ainda que para concentração [5], muito menor que a indicada pelo fabricante, a presença de Glifosato[®] no solo proporcionou estímulo no processo de germinação podendo ser explicado pelo efeito *hormese* que comprova melhor desenvolvimento de plantas quando em contato com concentrações de herbicidas muito menores que as indicadas pelo fabricante (Silva et al., 2012).

Tabela 04: Avaliação da germinação de sementes de *Tabebuia aurea* com presença de diferentes concentrações de Glifosato[®] no solo pelo período de até 30 dias.

Concentração no solo	Período de germinação				
	0 a 6 dias	7 a 12 dias	13 a 18 dias	19 a 25 dias	26 a 30 dias
Controle	-	-	+	+	-
[1]	-	-	-	-	-
[2]	-	-	-	-	-
[3]	-	-	-	-	-
[4]	-	-	-	+	+
[5]	-	+	+	+	-

(+) Período de germinação.

(-) Período sem ocorrência de germinação.

Ainda avaliando a espécie *T. aurea*, a Tabela 05 demonstra que a germinação das sementes no controle, iniciaram após 13 dias e se estenderam até um período de 25 dias, tanto quanto no teste anterior, distinguindo assim o tempo natural para a germinação em solo saudável. Para os testes na presença de Diuron[®] a Tabela 05 não revela um comportamento representativo do resultado, visto que o tempo de germinação para grande parte das sementes germinadas, foi muito abaixo do normal. Logo, não pode ser considerado um resultado representativo.

Tabela 05: Avaliação da germinação de sementes de *Tabebuia aurea* com presença de diferentes concentrações de Diuron[®] no solo pelo período de até 30 dias.

Concentração no solo	Período de germinação				
	0 a 6 dias	7 a 12 dias	13 a 18 dias	19 a 25 dias	26 a 30 dias
Controle	-	-	+	+	-
[1]	-	-	+	-	-
[2]	-	-	+	-	+
[3]	-	+	+	+	-
[4]	-	+	+	+	-
[5]	-	+	+	+	-

(+) Período de germinação.

(-) Período sem ocorrência de germinação.

Trabalho realizado por QI, et al., (2018) em que foi estudado o efeito dos herbicidas na germinação de plântulas em função do tempo e porcentagem de germinação. Esse estudo apresentou a relação direta e as consequências do uso desenfreado de agrotóxicos em lavouras, comprovando que o uso de defensivos agrícolas tem contribuído diretamente para o declínio das espécies nativas do Cerrado, bem como o comprometimento de forma negativa da biodiversidade.

O crescente aumento da produção agrícola e as novas tecnologia trazem grande demanda quanto ao uso de herbicidas, trazem grande fragilidade às espécies do Cerrado. Logo, os ensaios ecotoxicológicos são uma importante ferramenta para o monitoramento de poluentes no ambiente e produção de dados científicos, que juntos podem contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias e na tomada de decisões em remediação e prevenção de acidentes ambientais.

6 CONCLUSÃO

Foram avaliadas a germinação das espécies *Anacardium humile* e *Tabebuia aurea* frente ao solo contaminado com os herbicidas comerciais Glifosato[®] e Diuron[®], afim de avaliar seu poder toxicológico como resíduo no solo, em diferentes concentrações dos dois herbicidas escolhidos sendo essas concentrações respectivamente, [1]: 0,3 g.g⁻¹, [2]: 0,15 g.g⁻¹, [3]: 0,1 g.g⁻¹, [4]: 0,05 g.g⁻¹ e [5]: 0,01 g.g⁻¹, além do controle, solo sem contaminação.

A espécie *A. humile* apresentou sensibilidade quando em contato com o Glifosato[®], observado pelo crescimento da espécie que foi menos evidenciado em solos com maiores concentrações de poluente orgânico. Já em presença do Diuron[®] no solo, a espécie manifestou alta tolerância frente à presença do herbicida durante o período de germinação. Logo, o retardo na germinação da planta, causado pela presença de Glifosato[®] foi observado no solo, diferentemente do Diuron[®] que teve um período de germinação muito semelhante aos padrões observados no controle.

Já para a espécie *T. aurea*, esta apresentou bastante sensibilidade à presença de Glifosato[®] no solo, herbicida esse, que manifestou toxicidade a germinação, até mesmo na concentração recomendada pelo fabricante. Nas mesmas condições avaliadas, o Diuron[®] se mostrou tóxico frente a germinação, nas duas concentrações mais elevadas, sendo para esse herbicida bastante tolerável pela planta em concentrações informadas no rótulo do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. D. et al. A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, p. 1-11, 2017.
- AMARANTE JUNIOR, O. P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2001.
- AMATO, C. D.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental uma revisão. **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.
- ARAÚJO, I. C. L. et al. Sorção de diuron em minerais da fração argila. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1312-1317, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA (ABRASCO). Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. 1 ed. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**, 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.
- BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do solo**. 10 ed. São Paulo: Ícone, 2017. 355 p.
- BICALHO, P. S. S.; MIRANDA, S. C. Biodiversidade do Cerrado: Sustentabilidade e saberes Indígenas. **Élisée-Revista de Geografia da UEG**, v. 4, n. 1, p. 53-67, 2015.
- BOUTIN, C. et al. Phytotoxicity testing for herbicide regulation: shortcomings in relation to biodiversity and ecosystem services in agrarian systems. **Science of the Total Environment**. v. 415, p. 79-92, 2012.
- BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da]União**, Brasília, DF, 12 de jul. 1989.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portal Eletrônico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 02 de out. 2018.
- CUNHA, N. R. S. et al. A Intensidade da Exploração Agropecuária como Indicador da Degradação Ambiental na Região dos Cerrados, Brasil. **RER**, v. 46, n.2, p. 291-323, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo. 1 ed. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 32 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manejo de agrotóxico e qualidade ambiental. 1 ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 34 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Portal Eletrônico**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 08 de nov, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Potencial de Impacto da Agricultura sobre os Recursos Hídricos na Região do Cerrado. 1 ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002. 50 p.

FELFILI, M. C.; FELFILI, J. M. Diversidade alfa e beta no Cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 15, n. 2, p 243-254, 2001.

FELIX, F. F.; NAVICKIENE S.; DÓREA, H. S. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) como Indicadores da Qualidade dos Solos. **Revista Fapese**, v.3, n. 2, p. 39-62, 2007.

FERREIRA, A. B. H. Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2009. p. 443.

FERREIRA, L. F. et al. Pesquisa ambiental para demonstrar o impacto causado pelo uso do herbicida Glifosato em *Panicum Miliaceum* L. organismos em ensaios ecotoxicológicos. In: HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 14., 2014, Cubatão. **Artigo**. Cubatão: COPEC, 2014. p. 20-23.

GERÓNIMO, E.; APARICIO, V. C.; COSTA, J. L. Glyphosate sorption to soils of Argentina. Estimation of affinity coefficient by pedotransfer function. **Geoderma**, v. 322, p. 140–148, 2018.

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? **Forest Ecology and Management**, v. 417, p. 281-290, 2018.

GOMES, M. P. et al. Effects of glyphosate acid and the glyphosate-commercial formulation (Roundup) on *Dimorphandra wilsonii* seed germination: Interference of seed respiratory metabolism. **Environmental Pollution** v. 220, 452-459, 2017.

GRANDO, C. **Aspectos da demografia do cajueiro-do-campo (*Anacardium humile*) em áreas de Cerrado do Estado de São Paulo e construção de bibliotecas enriquecidas de microsatélites para a espécie**. 76 f. Dissertação (Mestrado em ciência: Genética e

Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

HAMADA, N. **Ensaio de toxicidade empregados na avaliação de efeitos no sistema de tratamento de esgotos e efluentes, ETE Suzano, e seu entorno, utilizando organismos aquáticos.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto De Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2008.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183-195, 2008.

HELANDER, M. et al. Decreases mycorrhizal colonization and affects plant-soil feedback. **Science of The Total Environment**, v. 642, p. 285-291, 2018.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009. p. 440.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. N. **Resíduos de agrotóxicos em alimentos:** uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 996-1012, 2009.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LEE, Y. H. et al. Indoor contamination from pesticides used for outdoor insect control. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 994-1002, 2018.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 216 p.

LIMA, N. C. **Avaliação do impacto da contaminação do solo de áreas agrícolas de Bom Repouso (MG) por meio de ensaios ecotoxicológicos.** 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) –Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – Escola Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

LOPES, A. R. S. Primavera Silenciosa que sacudiu as próximas estações. **Esboços**, v. 18, n. 25, p. 316-319, 2011.

MAGALHÃES D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras**, Rio de Janeiro, v. 12 n. 3. p. 355-381, 2008.

MASSARO, F. C. **Estudos Ecológicos e Ecotoxicológicos de Espécies Nativas de Hydra (Cnidaria: Hydrozoa).** 492 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Ciências da

Engenharia Ambiental – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo , São Carlos, 2011.

MELO, N. C. **Avaliação da atividade protetora solar in vitro das espécies Pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum) e Ipê-amarelo (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore).** 90 f. Dissertação (Mestrado Mestre em Ciências da Saúde, em Ensaios Biológicos) – Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde – PPGCS – Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Macapá, 2015.

MENDES, D. O. F. et al. Flores de paratudo (*Tabebuia aurea*) (Bignoniaceae) como recurso alimentar para aves no Pantanal sul, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, v. 12, n. 2, p. 295-299, 2017.

OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**, 1 ed. São Paulo: Atheneu, 1996. 515 p.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, E. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Árvore**, v. 30, n. 1, p. 25-32, 2006.

OLSZYK, D. et al., Plant reproduction is altered reproduction is altered by simulated herbicide drift to constructed plant communities. **Environ. Toxicol. Chem.** v. 36, p. 2799–2813, 2017.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. p. 21- 41.

PETTER, F. A. et al. Sorção e desorção de diuron em Latossolo sob a aplicação de biochar Sorption and desorption of diuron in Oxisol under biochar application. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 1–10, 2016.

PÓVOAS, F. T. X. **Estudo da atividade antimicrobiana e cicatrizante de feridas em ratos utilizando o extrato etanólico de folhas de *Tabebuia aurea* (Ipê Amarelo).** 100 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem)- Programa de Pós-graduação em Enfermagem - Escola de Enfermagem e Farmácia -Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

QI, Y. et al., Effects of sublethal herbicides on offspring germination and seedling growth: Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) vs. velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Science of the Total Environment**, v. 645, p. 543–549, 2018.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

ROCHA, P. R. R. et al. Meia-vida do diuron em solos com diferentes atributos físicos e químicos. **Ciência Rural**, v.43, n.11. p. 5, 2013.

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, v. 43, n.1, p.153-156, 2008.

SANTOS, K. F. **Avaliação das atividades antioxidante e alelopática de *tabebuia aurea* (manso) b. & h e *tabebuia impetiginosa* (mart.) standl.** 43 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2012.

SANTOS, R. C. S.; SANTOS JÚNIOR, J. E. Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire). **Ceres**, v. 62, n. 6, p. 507-514, 2015.

SILVA, C. M. A. **Metabólitos secundários de plantas do semi-árido de pernambuco - uma inovação no controle de fitopatógenos.** 109 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) - Centro De Ciências Biológicas- Universidade Federal De Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, J. C. et al. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesq. Agropec. Trop**, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012.

YAMASHITA, M. G. N.; SANTOS J. E. G. Rótulos e bulas de agrotóxicos: parâmetros de legibilidade tipográfica. In: PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M.S. Design e ergonomia: aspectos tecnológicos [online]. São Paulo: UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 197- 222.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and Bradyrhizobium japonicum symbiosis;with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 825-831, 2003.