

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
MESTRADO EM QUÍMICA

ALELOPATIA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE PLANTAS
AQUÁTICAS

Michelly Maira Caovilla

Toledo – Paraná – Brasil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
MESTRADO EM QUÍMICA.

ALELOPATIA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE PLANTAS
AQUÁTICAS

Autora: Michelly Maira Caovilla

Orientadora: Flávia Manarin

Coorientadora: Conceição de Fátima Alves Olguin

SETEMBRO-2021

Toledo – PR

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1.	AGRICULTURA E HERBICIDAS	8
2.2.	PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS.....	11
2.3.	PLANTAS INVASORAS	12
2.4.	ALELOPATIA.....	14
2.5.	PLANTAS AQUÁTICAS	17
3.	JUSTIFICATIVA	18
4.	OBJETIVO GERAL	19
4.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
5.	METODOLOGIA.....	20
5.1.	COLETA DAS PLANTAS	20
5.2.	PREPARAÇÃO DOS EXTRATOS	20
5.3.	TESTE DE GERMINAÇÃO	20
5.4.	TESTE DE CRESCIMENTO	21
5.5.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
5.6.	TESTE DE FENÓIS TOTAIS.....	22
5.7.	ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICA UV-VIS.....	22
6.	RESULTADOS	23
6.1.	BIOENSAIO COM ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>)	23
6.2.	BIOENSAIO COM PICÃO-PRETO (<i>Bidens pilosa</i> L.).....	30
6.4.	BIOENSAIO COM CAPIM-AMARGOSO (<i>Digitaria insularis</i>)	40
6.5.	FENÓIS TOTAIS (F.T.)	45
6.6.	ANALISE ESPECTROFOTOMÉTRICA UV	45
7.	DISCUSSÃO	47
7.1.	EXPERIMENTO COM ALFACE	47
7.2.	EXPERIMENTO COM PICÃO PRETO	48
7.3.	EXPERIMENTO COM SORGO	50
7.4.	EXPERIMENTO COM CAPIM AMARGOSO	50
7.5.	FENÓIS TOTAIS (F.T.)	52
7.6.	ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA UV.....	53
8.	CONCLUSÃO	54
9.	REFERÊNCIAS.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vias de liberações dos aleloquímicos.....	14
Figura 2: Morfologia da plântula <i>Lactuca sativa</i>	15
Figura 3: Ilustração das classificações das macrófitas.	18
Figura 4: (a) picão-preto (<i>Bidens pilosa</i> L.), (b) Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>), (c) capim-amargoso (<i>Digitaria insularis</i>).....	23
Figura 5: Germinação com sementes de alface (<i>L. sativa</i>).	25
Figura 6: Crescimento com radículas de alface.....	27
Figura 7: Biomassa seca sobre alface.....	29
Figura 8: Germinação com sementes de picão-preto (<i>B. pilosa</i>).....	31
Figura 9: Crescimento sobre as radículas de picão-preto.....	33
Figura 10: Biomassa seca com picão-preto.....	34
Figura 11: Germinação com sementes de sorgo (<i>S. bicolor</i>)	36
Figura 12: Crescimento com radículas de sorgo.	38
Figura 13: Biomassa seca sobre sorgo.	39
Figura 14: Germinação com sementes de capim-amargoso (<i>D.insularis</i>).	41
Figura 15: Crescimento de radículas de capim-amargoso.....	43
Figura 16: Biomassa seca sobre capim-amargoso.	44
Figura 17: Espectros eletrônicos obtidos dos extratos das macrófitas.	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Análise de covariância para o teste de germinação com alface (<i>L. sativa</i>).	24
Quadro 2: Análise de covariância para o teste de crescimento da alface.....	26
Quadro 3: Análise de covariância para germinação com picão-preto (<i>B. pilosa</i>).....	30
Quadro 4: Análise de covariância para o teste de crescimento com radículas picão-preto.	32
Quadro 5: Análise de covariância para germinação com sorgo (<i>S. bicolor</i>)	35
Quadro 6: Análise de covariância para o teste de crescimento com sorgo.	37
Quadro 7: Análise de covariância para germinação com capim-amargoso (<i>D. insularis</i>)	40
Quadro 8: Análise de covariância para o teste de crescimento com capim-amargoso.	42

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Teor de fenóis totais das macrófitas.....	45
--	----

RESUMO

A alelopatia é uma interferência natural que ocorre quando plantas produzem substâncias que, quando liberadas para o ambiente, podem beneficiar ou prejudicar outros organismos. Este trabalho teve como proposta avaliar o potencial alelopático do extrato hidroalcoólico de oito espécies de plantas aquáticas da região do Oeste do Paraná: *Azolla caroliniana*, *Eichornia crassipes*, *Egeria densa*, *Ludwigia peploides*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Oxycaryum cubens*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia sprucei*. Os extratos foram avaliados em bioensaios de germinação e crescimento utilizando como alvo as sementes de alface (*Lactuca sativa*), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) sorgo (*Sorghum bicolor*) e capim amargoso (*Digitaria insularis*). Os extratos foram preparados nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 (mg/mL) utilizando solução de ácido 2-morfolino-etanosulfônico (MÊS). Todos os testes foram realizados em quadruplicata. Pode se observar que no bioensaio com alface os extratos que mostraram melhor inibição no crescimento foi o extrato da parte (aérea) da *E. crassipes* e *L. peploides* apresentando inibição oito vezes maior que os controles glifosato e atrazina. Para o bioensaio com as sementes de picão-preto, pode se observar que o resultado mais expressivo para a germinação foi com o extrato da *L. peploide* (raiz) que apresentou resultado superior ao glifosato. No teste de massa seca, destacam-se os extratos *E. crassipes* (aérea) e *P. stratiotes* (raiz) os quais apresentaram redução no acúmulo de biomassa. Nos testes com sorgo, os extratos da *E. crassipes* (aérea) e (raiz) se mostraram eficientes frente ao crescimento das radículas e no teste de biomassa seca apresentando resultados superiores ao da atrazina. Nos testes frente ao capim-amargoso, a macrófita *E. crassipes* (aérea) e (raiz) se mostrou eficiente no crescimento das radículas. Já na biomassa seca, os extratos da *H. ranunculoides* (aérea) e (raiz) apresentaram resultados superiores ao da atrazina. Na determinação dos fenóis totais destacam-se os extratos da *L. peploide* aérea com 78,4 (mg EAT g⁻¹) e para raiz 75,82 (mg EAT g⁻¹), sugerindo que o efeito alelopático da planta está correlacionado com o teor fenólico obtido. Os resultados obtidos, demonstram o potencial biológico das macrófitas como bioerbicidas.

Palavras chave: Bioerbicidas, macrófitas, bioensaio, herbicidas naturais.

ABSTRACT

Allelopathy is a natural interference that occurs when plants produce substances that, when released to the environment, can benefit or harm other organisms. This study aimed to evaluate the allelopathic potential of the hydroalcoholic extract from eight aquatic plants species from the western region of Paraná: *Azolla caroliniana*, *Eichornia crassipes*, *Egeria densa*, *Ludwigia peploides*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Oxycaryum cubens*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia sprucei*. The extracts were evaluated in germination and growth bioassays using lettuce (*Lactuca sativa*), picão-preto (*Bidens pilosa* L.), sorghum (*Sorghum bicolor*) and capim-amargoso (*Digitaria insularis*) seeds as targets. The extracts were prepared at concentrations of 0.1; 0.2; 0.4; 0.8 (mg/mL) using 2-morpholinoethanesulfonic acid solution (MES). All tests were performed in quadruplicate. It can be observed that the extracts that showed better growth inhibition in the lettuce bioassay were the (aerial) part of *E. crassipes* and *L. peploides* extracts, which presented a higher inhibition than the glyphosate and atrazine controls. In the bioassay with picão-preto seeds, the most expressive result for germination was the extract of *L. peploide* (root), which presented a superior result than glyphosate. In the dry mass test, the extracts *E. crassipes* (aerial) and *P. stratiotes* (root) stood out, which showed a reduction in biomass accumulation. In the tests with sorghum, the extracts of *E. crassipes* (aerial) and (root) proved to be efficient against the growth of the radicles and in the dry biomass test, presenting results superior to atrazine. In tests against capim amargoso, the macrophyte *E. crassipes* (aerial) and (root) proved to be efficient in the growth of radicles. The extracts of *H. ranunculoides* (aerial) and (root) showed better results than atrazine in dry biomass. In the determination of total phenols, extracts from aerial and root *L. peploide* stood out with 78.4 (mg EAT g⁻¹) and 75.82 (mg EAT g⁻¹), respectively. This result suggests that the allelopathic effect of the plant is correlated with the phenolic content obtained. The results obtained demonstrate the biological potential of macrophytes as bioherbicides.

Keywords: Allelopathy, aquatic plants, bioassay, natural herbicides.

1. INTRODUÇÃO

O potencial dos produtos naturais com propriedades herbicidas tem sido pouco explorado na agricultura, quando comparado com o desenvolvimento de outras classes de pesticidas sintéticos (ABBAS et al., 2017). Entretanto, há um interesse renovado nos compostos bioativos de origem natural devido aos recentes avanços na química de produtos naturais por meio de métodos modernos de extração, isolamento, purificação e identificação. Estes compostos têm sido caracterizados quimicamente, sugerindo seu uso potencial como herbicidas, podendo ser utilizados no controle de plantas daninhas (ROTH; ROTH, 2013). Porém, muitos compostos com potenciais biológicos ainda não foram caracterizados (FERREIRA; AQUILA, 2000).

A utilização de plantas com efeito alelopático tem se intensificado na agricultura, e no Paraná, por se tratar de um estado agrícola, diversos estudos são realizados com o intuito de diminuir a utilização de herbicidas sintéticos para o controle de plantas daninhas, preservando assim o meio ambiente e contribuindo para a agricultura sustentável (GUI; MARIA; ALVES, 2000).

A alelopatia pode ser definida como interferência natural que ocorre quando plantas produzem substâncias que, quando liberadas para o ambiente, podem beneficiar ou prejudicar outros organismos (SANDERSON et al., 2013). A Sociedade Internacional de Alelopatia ampliou a definição, acrescentando os processos que envolvem a produção de metabólitos secundários por plantas, algas e microrganismos (vírus, fungos e bactérias) que influenciam no crescimento e no desenvolvimento de sistemas florestais, agrícolas e biológicos (SILVA et al., 2018).

Os efeitos alelopáticos entre plantas de uma comunidade são, provavelmente, mais expressivos durante a germinação e o crescimento inicial da plântula. Além disso, ela pode ser afetada por partes da planta como flores, lâminas foliares, talos, hastes, cascas, raízes e solo (PEREIRA et al., 2018).

Dentre as inúmeras plantas que podem ser investigadas como doadoras de substâncias alelopáticas, encontram-se as macrófitas (plantas aquáticas). Elas representam uma das comunidades mais produtivas dentre todos os ecossistemas, e através do seu metabolismo são capazes de produzir interferências no ambiente (ZHANG et al., 2015).

É comum considerar o efeito alelopático das macrófitas, o qual está relacionado com a liberação de substâncias, as quais podem beneficiar ou prejudicar o desenvolvimento de outras plantas ou organismos, sendo que na água a interferência é diferente do que no solo, e os aleloquímicos se movimentam com velocidade maior, tendo maior infestação em uma dada área (JAYANTHI; LALITHA; AARTHI, 2012).

Dessa maneira, este trabalho busca identificar plantas aquáticas que possam ser candidatas a novos herbicidas naturais e, que sejam de baixa toxicidade, visando redução no uso de produtos sintéticos na agricultura, diminuindo os impactos que causam à saúde e ao meio ambiente, além de gerar maiores lucros aos produtores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. AGRICULTURA E HERBICIDAS

A agricultura está diretamente relacionada com a utilização de agrotóxicos, especialmente para controle das plantas daninhas que competem com os cultivares de interesse comercial. O manejo de plantas invasoras e pragas agrícolas tem sido baseado principalmente no controle químico (GRASSI et al., 2005).

Entretanto, a utilização frequente e inadequada de herbicidas acarreta diversos problemas, como o desequilíbrio dos ecossistemas, alteração das propriedades físicas e químicas da água e do solo (MACÍAS et al., 2005).

Dependendo da natureza química e da concentração, os agrotóxicos lançados no ambiente podem causar diversos danos ao meio ambiente quando a eles expostos. Embora, na maioria dos casos, estes compostos não sejam capazes de provocar efeitos agudos e imediatos, podem reduzir a sobrevivência destes organismos por meio de lesões crônicas que se manifestam a médio e longo prazo, como desordens fisiológicas em diferentes tecidos e órgãos ou como alterações genéticas (AGROFIT, 2011).

Vários estudos têm demonstrado, em diferentes organismos, que alguns agrotóxicos podem ser tóxicos e influenciar na sobrevivência, fertilidade e composição genética das populações. Os poluentes, quando introduzidos no ambiente, podem causar dois tipos de efeitos nos organismos expostos: agudo

e crônico. O efeito agudo é facilmente detectado no ecossistema, sendo de curta duração, possibilitando boa capacidade de recuperação. Os efeitos crônicos são mais difíceis de serem avaliados, pois são detectados a longo prazo e as respostas do ambiente em relação a estes são lentas. O efeito crônico é resultante de uma exposição longa e de baixa intensidade, interferindo na reprodução e sobrevivência dos organismos (MOTOMIYA et al., 2017; RAMOS, 2001; SOUZA, 2006).

A expansão do plantio direto e, mais recentemente, os avanços biotecnológicos que permitiram a comercialização de variedades geneticamente modificadas, como a soja, causaram o aumento do uso de herbicidas à base de glifosato nos agrossistemas, elevando assim a presença dessa molécula no ambiente, especialmente no solo (SIQUEIRA, 2004).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) o glifosato é o defensivo agrícola mais utilizado no mundo nas culturas para controle de plantas indesejadas, é considerado com baixa toxicidade aguda, apresenta forte absorção pelo solo. Porém, pode impedir a ação de funções enzimáticas nos animais. Embora o glifosato seja considerado um herbicida relativamente seguro e de baixa toxicidade, existem relatos de intoxicação com seu uso (ZAVARIZ et al., 2020).

Devido ao seu modo de ação e à sua crescente disseminação nos alimentos e no ambiente, o glifosato tem sido responsável pelo desencadeamento de doenças graves cada vez mais comuns na população, incluindo: desordens gastrointestinais, obesidade, diabetes, doenças cardíacas, depressão, autismo, infertilidade, câncer, mal de Alzheimer e mal de Parkinson; e intolerância a glúten (SAMSEL; SENEFF, 2015).

O uso generalizado do glifosato pode contaminar o solo e a água e impactar nos componentes bióticos do ecossistema, especialmente a microbiota do solo e simbiontes radiculares, como as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os quais ocorrem invariavelmente associados às raízes da soja, exercendo grande influência na nutrição e sanidade dessa cultura. (CHAVES et al., 2019)

A busca pela alta produtividade, gera consumo excessivo, aplicabilidade descontrolada e negligência com possíveis riscos à saúde humana e animal. Como os resíduos dos herbicidas sintéticos são mínimos, não há evidências da

enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), responsável pela sintetização de aminoácidos aromáticos, em plantas (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

O bloqueio da enzima EPSPS das plantas, acaba por inibir este e outros processos metabólicos das bactérias do trato gastrointestinal de quem o ingere, levando ao desenvolvimento de doenças devido à interrupção da síntese de substâncias que estas bactérias fornecem aos hospedeiros, incluindo aminoácidos, serotonina, melatonina, epinefrina, dopamina, hormônio da tireoide, folato, coenzima Q10, vitamina K e vitamina E (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Vale destacar que, de acordo com (MESNAGE et al., 2014), as formulações comerciais contendo glifosato são até 1.000 vezes mais tóxicas do que o princípio ativo isolado, revelando haver efeitos sinérgicos entre os componentes de herbicidas a base de glifosato.

Outro herbicida sintético bastante utilizado é a atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina) que é usada em diversos países do mundo, e no Brasil sua utilização começou em 1958. No controle de plantas invasoras, é devido ao custo reduzido e por apresentar ação sistêmica sobre as espécies de folhas largas anuais, especialmente em culturas de milho, cana-de-açúcar e sorgo. Entretanto, plantas invasoras por vezes podem adquirir uma leve resistência ao produto dificultando sua remoção (MA et al., 2017; VAIL et al., 2015).

A atrazina esteve entre um dos agrotóxicos mais comercializados em 2009 e 2019, sendo também um dos ingredientes ativos mais vendidos no país no mesmo período. Antes mesmo deste aumento no consumo, a atrazina já foi detectada em áreas degradadas e de intensa atividade agrícola, como as regiões centrais e sul do estado de Goiás, Mato Grosso e próximas a atividades de cultivo de cana-de-açúcar (DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014).

Na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, a presença de atrazina é alvo de preocupação devido aos impactos deste herbicida na saúde humana, por meio da ingestão de águas contaminadas. Este tema foi discutido no Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, onde a presença deste composto em corpos d'água e lençóis freáticos fundamenta-se pela sua aplicação em altas concentrações, ao regime intenso de chuvas, aos tipos de solos, topografia, declividade do terreno,

e suas propriedades orgânicas (DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014; MATIAS et al., 2021).

Diversas propriedades da atrazina são prejudiciais aos seres vivos e ecossistemas, devido a sua toxicidade moderada, tem efeitos carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos, sendo ainda, capaz de ocasionar alterações em processos reprodutivos com má formação fetal, e proporcionais alterações nos nichos ecológicos devido a estes efeitos adversos (MATIAS et al., 2021).

A propagação em cadeias tróficas pode ocorrer, alterando uma ampla gama de espécies de vegetais e animais, ocasionando desequilíbrio, além da geração de uma pluma de contaminação derivada da mobilidade deste composto (GHOSH; PHILIP, 2004; KANISSERY; SIMS, 2011; KOLEKAR; PHUGARE; JADHAV, 2014).

As propriedades inerentes ao solo podem influenciar o processo de biodegradação da atrazina, tais como a sua persistência no ambiente, pois variáveis como pH e umidade são condições que interferem nas reações químicas do solo com o pesticida. Ainda, a atrazina pode não estar realmente disponível para os microrganismos no solo, isto ocorre, quando ela está adsorvida na fase sólida do solo, tornando-a mais persistente no ambiente, sujeita à lixiviação sem sofrer processos de degradação biológica (DOUGLASS; RADOSEVICH; TUOVINEN, 2014; LA CECILIA; MAGGI, 2016; TUOVINEN et al., 2015).

2.2. PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS

Plantas geneticamente modificadas são definidas como organismos que sofreram alterações em seu genoma, de forma a implantar características desejáveis. Elas têm demonstrado convincentemente benefícios extraordinários, como o aumento da produtividade e a diminuição do uso de pesticidas químicos, levando a um menor escoamento e menos envenenamentos (ADEGAS et al., 2017).

As sementes transgênicas trazem grande vantagem para as lavouras, pois são resistentes aos defensivos agrícolas. Os mecanismos genéticos das plantas são desenvolvidos através da transgenia e fazem com que ela fique

insensível e não sofra danos do herbicida, enquanto as plantas invasoras são suscetíveis aos produtos (BHATTI et al., 2013).

Culturas que se apresentam geneticamente modificadas para tolerância ao glifosato, faz com que plantas invasoras resistentes a esse herbicida apresentem dificuldade de controle químico e, por isso, faz-se necessário utilizar outros herbicidas que atuem de forma diferente. O contínuo uso de um herbicida específico ou de herbicidas que controlam as plantas daninhas utilizando o mesmo mecanismo de ação permite que algumas plantas sobrevivam e se reproduzam. Assim, o número de plantas resistentes na população aumenta até que o herbicida perca sua capacidade de controle (BARROS; CALADO, 2020).

Uma redução na eficiência dos herbicidas, devido, principalmente ao aparecimento de um número crescente de plantas resistentes a esses produtos tem sido observada. No Brasil, há relatos sobre o aparecimento de plantas resistentes aos herbicidas (CHRISTOFFOLETI, 2002). Esse fator associado às dificuldades de desenvolvimento de novos herbicidas pela química tradicional indica que novas estratégias de manejo e controle das plantas invasoras devam emergir (TOLEDO et al., 2009).

O molde da agricultura atual depende de herbicidas para o controle de plantas indesejáveis, o que promove maximização de produtividade das lavouras. Diante dessa realidade, métodos alternativos de controle de plantas invasoras e pragas são necessários e tem sido pesquisado por vários profissionais, principalmente pelas aéreas da biotecnologia e agronomia. (FAVERO et al., 2001). Dentro deste contexto, a alelopatia pode ser uma fonte alternativa para o manejo de diversas espécies de plantas invasoras e pragas agrícolas (SOUZA, 2006; WU et al., 2021).

2.3. PLANTAS INVASORAS

No Brasil, as plantas invasoras mais comuns e difíceis de serem combatidas são: Buva (*Conyza* spp.), Capim-amargoso (*Digitaria insularis*), Azevém (*Lolium multiflorum*), Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e Picão-preto (*Bidens pilosa*). Plantas invasoras são plantas indesejadas que atrapalham o crescimento das plantas já cultivadas. Geralmente, são resistentes

à pragas e doenças que podem diminuir a produção da lavoura em proporções consideráveis (KARAM, 2008).

Essas invasoras conseguem crescer e se manter em condições adversas, adaptando-se em vários lugares, e por causa da sua resistência, acabam se sobressaindo em comparação a planta desejada. A resistência das plantas invasoras com o uso de defensivos agrícolas, é um desafio para os agricultores que precisam combater essas infestantes sendo necessário o uso de diferentes táticas de manejo (POMPÊO, 2017).

O picão preto (*Bidens pilosa* L.) é uma espécie originária da América tropical, com maior ocorrência na América do Sul. Encontra-se, disseminada em quase todo território brasileiro e sua maior concentração é verificada nas áreas agrícolas (GHOSH; PHILIP, 2004). Esta planta tem reduzido significativamente a produtividade de algumas culturas, sobretudo em sistemas conservacionistas de manejo de solo, devido à sua ampla adaptação (ADEGAS et al., 2017).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma planta de origem africana, que está sendo muito utilizada na alimentação animal, e é uma alternativa na rotação de culturas, pois tolera condições ambientais desfavoráveis. Possui sementes pequenas, e após a sua colheita, o sorgo ainda se desenvolve prejudicando a safra da cultura sucessora, comportando-se como uma planta invasora (PEREIRA; RODRIGUES, 2015).

O Capim-amargoso (*Digitaria insularis*), é uma das plantas invasoras mais preocupantes quanto ao controle no cultivo da soja. A planta indesejada apresenta resistência ao glifosato, principal herbicida utilizado para o controle de plantas invasoras. Mais de 80% do solo paranaense apresenta resistência ao glifosato, fazendo com que a planta se espalhe de forma rápida (GIULIETTI, 2018).

O glifosato é o principal agrotóxico utilizado no combate de plantas invasoras, e a utilização massiva desse herbicida levou à resistência de várias espécies indesejadas. As principais invasoras resistentes são picão-preto (*Bidens pilosa*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*) principalmente em cultivos de soja e milho (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2018).

Uma das alternativas que atende aos requisitos de exigências impostadas pela sociedade e pelo setor produtivo, é o uso de produtos naturais. Compostos químicos produzidos por plantas e microrganismos são reconhecidos por

afetarem processos metabólicos e fisiológicos de plantas, podendo substituir potencialmente, os atuais produtos disponíveis no mercado. (DAYAN et al., 2011).

2.4. ALELOPATIA

A alelopatia é um método alternativo para o controle de plantas daninhas, sendo considerada um processo natural que pode causar efeitos prejudiciais ou benéficos diretos ou indiretos. (SOBRERO; RONCO, 2004).

Muitas substâncias com ação alelopática, denominadas aleloquímicos, são oriundas do metabolismo secundário de plantas e podem apresentar diferentes classes de metabólitos especializados, tais como os compostos fenólicos (fenóis simples, flavonoides, cumarinas e quinonas), terpenóides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos e esteroides) e alcaloides (AMBIKA, 2013; O DUKE; B POWLES, 2008).

Os aleloquímicos são liberados pelas plantas, no meio ambiente, por diferentes vias de eliminação (volatilização, exsudação radicular, lixiviação e decomposição de resíduos), figura 1. Os aleloquímicos exibem taxas mais rápidas de degradação e contém menos halogênios substituintes do que herbicidas sintéticos, sendo uma vantagem sua utilização como herbicida (SOUZA; PEREIRA; C., 2005).

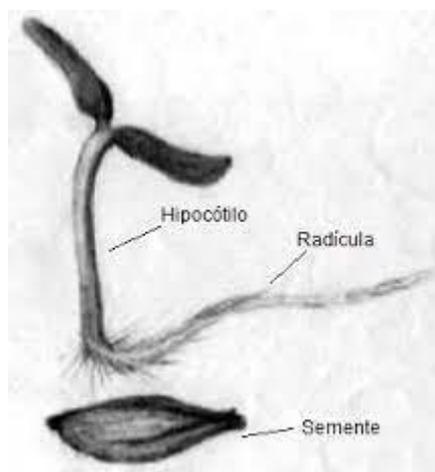


Fonte Sanches, 2002.

Figura 1: Vias de liberações dos aleloquímicos.

Em estudos alelopáticos, são utilizadas espécies sensíveis aos aleloquímicos, o que possibilita obter um indicativo dos efeitos alelopáticos das espécies doadoras. Nesse contexto, a alface (*Lactuca sativa* L.) é amplamente utilizada em ensaios para a identificação e determinação de efeitos alelopáticos, por apresentar sensibilidade aos metabólitos secundários, sendo considerada uma planta indicadora em experimentos envolvendo alelopatia (CIPRIANI et al., 2014).

A avaliação alelopática é feita por meio de bioensaios de germinação ou crescimento/desenvolvimento das radículas (SOBRERO; RONCO, 2004). A morfologia da planta pode ser observada e melhor compreendida na figura 2.



Fonte (SOBRERO; RONCO, 2004)

Figura 2: Morfologia da plântula *Lactuca sativa*.

Geralmente, os experimentos mais preliminares são realizados com os extratos brutos ou sub frações do extrato da planta doadora, a maioria dos trabalhos utilizam extratos de alta polaridade. Estudos mais avançados realizam os testes com a substância isolada da planta doadora (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010)

As informações disponíveis na literatura mostram que os bioerbicidas produzidos a partir de substâncias químicas isoladas de plantas ou fungos são mais sistêmicos e mais facilmente biodegradáveis do que os de origem sintética. Estudos de análises comparativas entre os herbicidas sintéticos e herbicidas naturais, produzidos por plantas mostram que o tempo de permanência no solo

dos produtos naturais é menor, além de apresentarem baixa toxicidade (CHAVES et al., 2019).

A utilização de Agentes de Controle Biológico (ACB) para a proteção de plantas contra pragas e doenças tem aumentado significativamente no Brasil. Por ser um país tropical, o Brasil conta com alta pressão de pragas e patógenos na agricultura, fato que ajudou no desenvolvimento de um grande mercado consumidor de agrotóxicos (INÁCIO et al., 2014).

O número de produtos naturais disponíveis no mercado para controle de pragas (inseticidas/acaricidas/ nematicidas) e doenças (fungicidas/bactericidas) é discrepante em relação aos sintéticos. No ano de 2013, por exemplo, havia 1352 pesticidas químicos registrados no Brasil, sendo somente 52 agentes de biocontrole (BETTIOL, 2014).

A crescente preocupação com a preservação ambiental reforça o apelo pelas tecnologias "verdes", a qual já começou a modificar a forma de pensar da agricultura tradicional. Assim, com a renovação no interesse das empresas por descobertas de produtos naturais, as buscas e desenvolvimento de novas ferramentas no manejo ecológico de plantas daninhas estão aumentando. (AGROFIT, 2014).

Um dos exemplos comerciais mais relevantes é o óleo essencial extraído da árvore manuka (*Leptospermum scoparium*, que pertence à família Myrtaceae) e contém leptospermona, uma substância alelopática que serviu de modelo para o análogo sintético mesotriona, um herbicida da classe de tricetonas (DUKE et al., 2002).

Outros exemplos de produtos naturais encontrados no mercado dos EUA para o manejo de plantas invasoras são: Greenmatch EX extraído do óleo essencial de capim-limão; Matran II extraído do óleo essencial de cravo-da-índia; Weed Zap extraído do óleo essencial de cravo-da-índia/canela; Worry Free extraído do óleo essencial de citrus; Organic Interceptor extraído do óleo essencial de pinus; EcoExempt HC substância 2-phenethyl propionato extraído do óleo essencial de cravo-da-índia, Agralawn Crabgrass Killer extraído da casca de canela. (DAYAN et al., 2011; DAYAN; CANTRELL; DUKE, 2009).

No Brasil, as pesquisas direcionadas a plantas doadoras com atividade alelopatia concentra-se em trabalhos com plantas terrestres, sendo: 40,8% espécies arbóreas, 32% com herbáceas, 26,4% com arbustiva e 0,8%

trepadeiras. Entre elas, as principais famílias botânicas estudadas são a Fabaceae, Poaceae, Myrtaceae, Asteraceae e Lamiaceae. Que em sua maioria estão concentradas nos biomas do cerrado e mata atlântica (SILVA et al., 2018).

2.5. PLANTAS AQUÁTICAS

As plantas aquáticas conhecidas também por macrófitas aquáticas são vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos. Elas exercem papel vital em ecossistemas aquáticos como produtores primários, fornecendo alimento e habitat para organismos aquáticos e terrestres. São importantes para o ambiente aquático e para a manutenção do equilíbrio ecológico, pois são fontes de oxigênio, podendo também reter nutrientes e poluentes (JEPPESEN et al., 2014).

A proliferação de plantas aquáticas em um ambiente hídrico pode ser grande indicação de que a água pode apresentar alterações, como por exemplo, a eutrofização. Tem como origem a intensificação de atividades antrópicas nas bacias hidrográficas, associadas a grandes quantidades de nutrientes, por meio de despejos domésticos, industriais e fertilizantes químicos empregados nos cultivos, podendo se tornar uma praga devido ao seu rápido crescimento, causando enormes prejuízos (POMPÊO, 2003).

Existem cinco grupos de macrófitas (Figura 3), elas são classificadas em:

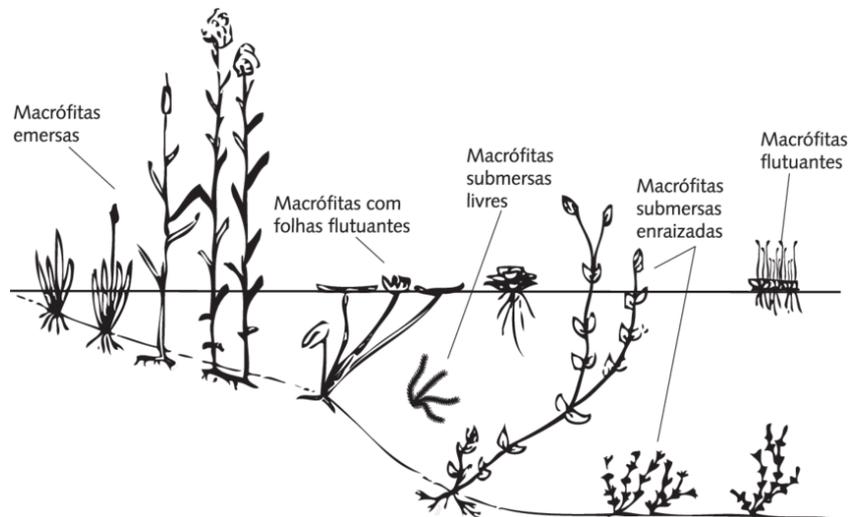
1) Macrófitas aquáticas emersas: enraizadas no sedimento, porém as folhas crescem para fora da água.

2) Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes: enraizadas no sedimento e com folhas flutuando na superfície da água.

3) Macrófitas aquáticas submersas enraizadas: enraizadas, crescendo totalmente debaixo d'água.

4) Macrófitas aquáticas submersas livres: permanecem flutuando debaixo d'água. Podem se prender a pecíolos e caules de outras macrófitas.

5) Macrófitas aquáticas flutuantes: flutuam livremente na superfície da água (POMPÊO, 2017).



Fonte (MARQUES; FRAGOSO T.; D., 2009)

Figura 3: Ilustração das classificações das macrófitas.

As macrófitas aquáticas são indicadores adequados da condição ecológica porque são sensíveis a múltiplas formas de perturbação antropogênica (JEPPESEN et al., 2014). São consideradas abundantes em ecossistemas modificados, e muitas vezes são indesejadas (CHANG; EIGEMANN; HILT, 2012), no entanto podem conter diferentes compostos com potencial atividade biológica como: antioxidante, antimicrobiana, antitumoral, alelopática, citotóxica, anti-inflamatória, entre outras (MOHAMED, 2017).

As plantas são potencialmente uma fonte de compostos de produtos naturais, porém as macrófitas, especificamente de água doce, não têm recebido a mesma atenção que as plantas terrestres. A literatura é pobre em trabalhos que investigam as propriedades biológicas e os compostos biologicamente ativos das macrófitas (POMPÊO, 2017).

3. JUSTIFICATIVA

A agricultura no Brasil avança a cada ano, o país é um dos principais produtores agrícolas do mundo. Já em 2006, contava com 5,17 milhões de empresas agropecuárias (SILVA; CRUZ; PITELLI, 2012). O Brasil expandiu em 190% o mercado de agrotóxicos, o que colocou o país em primeiro lugar no *ranking* mundial de consumo desde 2008. Se o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, a região sul é responsável por, aproximadamente,

30% desse consumo (ALAHUHTA; AROVIITA, 2016). O Paraná se destaca no uso de agrotóxicos entre os estados brasileiros, com o uso de 12 quilos por hectare/ano, diante de uma média brasileira de 4 quilos/hectare/ano (RODELLA et al, 2006).

A exposição crônica aos agrotóxicos tem sido associada a muitos problemas de saúde, tais como a incidência de câncer, Alzheimer e Parkinson, bem como a distúrbios hormonais e de desenvolvimento e esterilidade (CREMONESE et al., 2012).

Dentro deste contexto, destaca-se a importância de pesquisas que visem o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle de pragas e plantas indesejadas, com o mínimo de prejuízos ao homem e ao meio ambiente. Os constituintes químicos naturais metabolizados pelas plantas surgem como uma das possibilidades. Esses compostos, chamados de aleloquímicos, podem atuar como estimuladores ou inibidores da germinação e do crescimento de algumas espécies indesejáveis (VASCONCELOS, 2018).

4. OBJETIVO GERAL

- Conhecer o potencial alelopático de extratos hidroalcoolicos de oito espécies de macrófitas.

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o potencial alelopático por meio de teste de germinação, crescimento e massa seca dos extratos brutos da parte aérea e raiz de plantas aquáticas;
- Usar como sementes alvo o picão-preto (*Bidens pilosa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*) que são plantas daninhas comuns na região Oeste do Paraná;
- Identificar possíveis herbicidas naturais, e comparar com glifosato e atrazina.

5. METODOLOGIA

5.1. COLETA DAS PLANTAS

As plantas foram coletadas no Instituto de Pesquisa e Aquicultura Ambiental (INPAA) na região de Toledo - PR, latitude -24.78011087 e longitude -53.72401357 na data de 30 de agosto de 2019, na parte da manhã. Um exemplar foi depositado no herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. As plantas identificadas foram: *Azolla caroliniana* (Azollaceae, UNOP 6876), *Eichornia crassipes* (Pontederiaceae UNOP 6389), *Egeria densa* (Hydrocharitaceae UNOP 6393), *Ludwigia peploides* (Onacraceae UNOP 6877), *Hydrocotyle ranunculoides* (Araliaceae UNOP6878). *Oxycaryum cubense* (Cyperaceae UNOP 6388), *Pistia stratiotes* (Araceae UNOP 6881), *Salvinia sprucei* (Poaceae UNOP 6879).

5.2. PREPARAÇÃO DOS EXTRATOS

As plantas coletadas foram lavadas no laboratório do Grupo de Pesquisa em Ciência dos Materiais (GPCMAT) com água corrente e posteriormente secas em estufa de circulação de ar a 40°C por 48 horas. As plantas (parte aérea e raiz) foram moídas, pesadas e colocadas em contato com uma solução hidroalcoólica (EtOH:H₂O - 80:20 - v/v). Após 48 horas, o extrato foi filtrado e repetido o processo mais duas vezes. Os extratos foram concentrados em evaporador rotativo e posteriormente pesados e designados por extrato bruto (EB).

5.3. TESTE DE GERMINAÇÃO

Neste trabalho foram utilizadas as sementes de alface (*Lactuca sativa*) da Marca Feltrin, Lote: 0002301710000020, ORD: 52825, Safra: 2016/2016, com germinação de 96% e pureza de 99,9%.

As sementes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) foram coletadas na cidade de Vera Cruz do Oeste, latitude -25.079427 e longitude -53.876545 na data de 26 de janeiro de 2020 na parte da tarde. Foram tratadas com hipoclorito de sódio 5%, e acondicionadas a 5° C, objetivando a superação da dormência.

Todos os materiais utilizados no experimento foram autoclavados a 120°C. O bioensaio foi realizado segundo a metodologia adaptada de (CUNICO et al., 2006).

Uma solução tampão de ácido 2-morfolino-etanosulfônico (MES) 10 mM foi utilizada e o pH ajustado para 6 com solução de NaOH 1 M. Esta solução foi utilizada para preparar as soluções dos extratos. Foram pesados 4,0 mg de cada extrato, e solubilizados em 100 µl de DMSO (dimetil sulfóxido) e ajustando o volume com a solução MES, e preparadas as soluções dos extratos nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 mg/mL.

Posteriormente, 25 sementes foram semeadas em placas de *petry* com 90 cm de diâmetro forradas com papel filtro, umedecidas com 5 mL das soluções, onde ficaram armazenadas na incubadora modelo 347 CDG marca FANEM a 25°C, com fotoperíodo de doze horas e 80% de umidade por cinco dias. Depois deste período, foi contabilizado o número de sementes germinadas, levando-se em consideração as sementes com no mínimo 0,2 cm de raiz e a porcentagem de sementes germinadas (G) foi calculada de acordo com a equação 1:

$$G=N/A \times 100 \quad (1)$$

Sendo N o número de sementes germinadas após cinco dias e A o número total de sementes semeadas.

5.4. TESTE DE CRESCIMENTO

Para o teste de crescimento da radícula foram utilizadas 10 sementes previamente germinadas em água com no mínimo 0,2 cm de raiz, colocadas na placa de *petri* com 5 mL das soluções dos extratos nas concentrações 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 mg/mL. Ficaram armazenadas na germinadora por sete dias com temperatura constante de 25°C. Após esse período foi medido em papel milimetrado seu tamanho.

Posteriormente, as radículas foram secas em estufa de circulação de ar a 55°C até peso constante para determinar o acúmulo de biomassa.

Os testes de germinação e crescimento foram realizados em quadruplicata. Para controle, foram utilizados dois brancos, um contendo solução de MES 10 mM e outro MES e DMSO.

Foram utilizados também dois herbicidas comuns em cultivos para o combate de plantas invasoras, o Glifosato ($C_3H_8NO_5P$) e Atrazina ($C_8H_{14}ClN_5$). Estes herbicidas foram testados nas mesmas concentrações que os extratos.

5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizado o tratamento estatístico para o teste de germinação, crescimento e biomassa seca no programa STATISTICA. Primeiramente foi realizado uma análise de covariância (ANCOVA) para todos os testes com todas as sementes, e posteriormente foi realizado um *scatter plot* e gerado a equação da reta para cada planta.

5.6. TESTE DE FENÓIS TOTAIS

Para o teste de fenóis totais foram preparadas soluções de ácido tânico nas concentrações 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05 mg/mL, para determinação da curva analítica.

Foram pesados 0,015 mg de cada extrato e solubilizados em 1 mL de etanol, em seguida foi adicionado 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (F-C) (10% v/v) e após 5 minutos em repouso foram adicionados 2 mL de carbonato de sódio 20%. Após 60 minutos em temperatura ambiente, a leitura foi feita no espectrofotômetro Shimadzu UV-1601PC em 760 nm.

Foi construído um gráfico com as absorbâncias em função de cada concentração de ácido tânico, sendo possível calcular o teor de fenóis totais no programa Excel. Os resultados foram expressos em miligramas de EAT (equivalentes de ácido tânico) por grama (g) de extrato (ROESLER et al., 2007).

5.7. ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICA UV-VIS

Foram pesados 0,020 mg de cada um dos extratos e diluídos em 4 mL de etanol, utilizando uma cubeta de quartzo e foi feita uma varredura de 200 nm até

600 nm no espectrofotômetro Shimadzu UV-1601PC. Os gráficos foram plotados no programa Oringin 8.

6. RESULTADOS

O teste de alelopatia foi realizado frente a sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*), ilustrados na Figura 2.

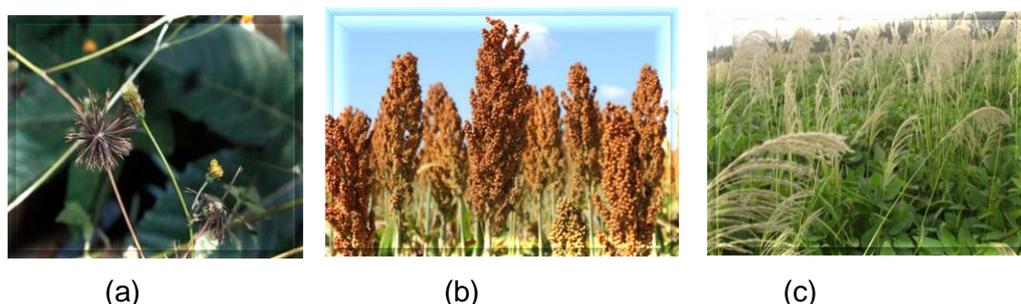


Figura 4: (a) picão-preto (*Bidens pilosa* L.), (b) Sorgo (*Sorghum bicolor*), (c) capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

6.1. BIOENSAIO COM ALFACE (*Lactuca sativa*)

A fim de verificar a relação entre as diferentes concentrações dos extratos de cada planta e a germinação das sementes de *L. sativa*, realizou-se a análise de covariância. Neste tratamento trabalha-se com duas hipóteses, considerando-se duas variáveis: as plantas e as diferentes concentrações de cada extrato (ANJOS, 2004). As hipóteses são:

Ho: As plantas e as diferentes concentrações de cada uma delas não influencia na germinação;

H1: A germinação das sementes depende da concentração e da planta analisada

Este tratamento, permite que se faça um ajuste dos efeitos (concentração, plantas, concentração e plantas) corrigindo o erro experimental aumentando, desta forma a precisão do experimento, salientando que o modelo possui significância de 5% (ANJOS, 2004). Se o valor de P for menor que 0,05 implica

na rejeição da hipótese H_0 , considerando H_1 como o melhor modelo (FERREIRA; PATINO, 2015).

Os resultados da análise (ANCOVA) para o teste de germinação encontram-se representados no Quadro 1.

Quadro 1: Análise de covariância para o teste de germinação com alface (*L. sativa*).

Effect	Univariate Tests of Significance for GERMINAÇÃO ALFACE Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	451,1720	1	451,1720	182013,7	0,000000
PLANTAS	0,1291	15	0,0086	35	0,000000
CONCENTRAÇÃO	0,0627	1	0,0627	253	0,000000
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	0,1481	15	0,0099	40	0,000000
Error	0,0079	32	0,0002		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula.

De acordo com o quadro 1, como o valor do p-valor foi abaixo de 0,05 rejeitamos H_0 , pois ele considera que a germinação depende de apenas uma variável (a concentração ou a planta). Consideramos H_1 pois ela nos diz que as duas variáveis (concentração e planta) são dependentes uma da outra, e conforme aumenta a concentração do extrato aumenta a atividade alelopática da planta.

Com isso, foram plotados os gráficos para o teste de germinação com sementes de alface para o extrato de cada planta, os resultados observados encontram-se representados na Figura 5.

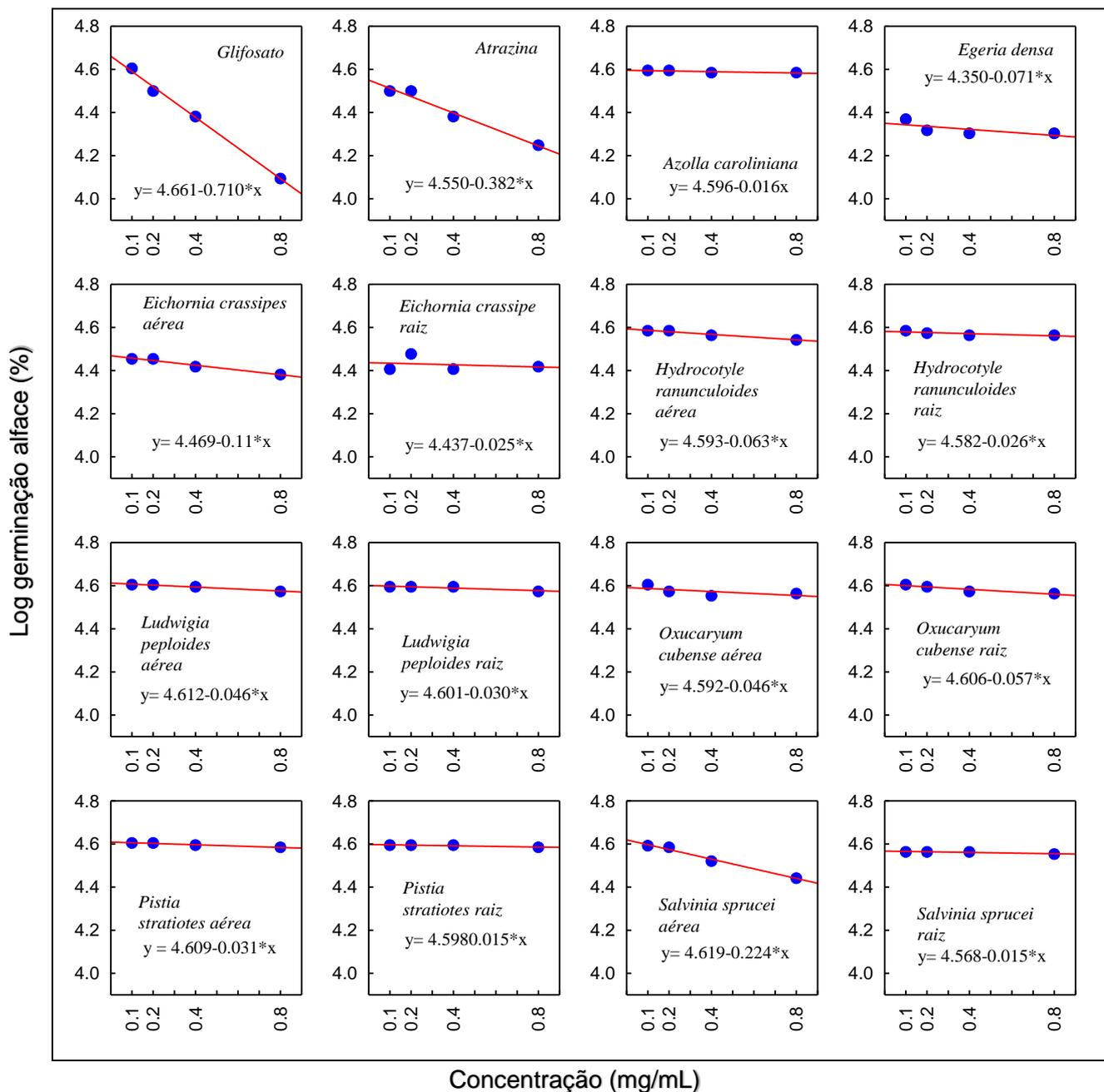


Figura 5: Germinação com sementes de alface (*L. sativa*).

Foi calculado a equação da reta para cada extrato e analisado pelo coeficiente angular (α). Conforme pode ser observado na Figura 5, para a maioria dos extratos testados não houve influência significativa na germinação da alface, quando comparadas com os controles glifosato e atrazina. O glifosato se mostrou mais eficiente que a atrazina na inibição da germinação, apresentando o coeficiente angular de 0,710 enquanto para a atrazina foi de 0,382.

Os resultados mais expressivos foram observados para os extratos *S. sprucei* (aérea) $\alpha=0,224$; *E. crassipes* (aérea) com $\alpha=0,11$. Podemos salientar

que extrato da *S sprucei* (aérea) apresentou coeficiente próximo ao da atrazina, que é um dos controles utilizado no trabalho.

Muitas vezes, a ação alelopática não ocorre sobre a germinabilidade, mas pode interferir no desenvolvimento da raiz, embora o crescimento das radículas seja menos sensível em relação à germinação (DANTAS-SANTOS et al., 2012). Dessa forma, foi avaliada a influência dos extratos sobre o crescimento da radícula da alface.

Foi realizada a análise de covariância para o teste de crescimento da alface com intuito de avaliar se existe interação entre as variáveis plantas e concentração.

Quadro 2: Análise de covariância para o teste de crescimento da alface.

Effect	Univariate Tests of Significance for CRESCIMENTO ALFACE Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	449,1760	1	449,1760	62741,20	0,000000
PLANTAS	0,4760	15	0,0317	4,43	0,000199
CONCENTRAÇÃO	0,6333	1	0,6333	88,46	0,000000
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	0,4920	15	0,0328	4,58	0,000148
Error	0,2291	32	0,0072		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

Podemos observar no quadro 2, que o p-valor do efeito Plantas*Concentração é <0,05; ou seja, para ocorrer o teste as plantas analisadas dependem das concentrações.

Os resultados para o teste de crescimento estão apresentados na figura 6 abaixo:

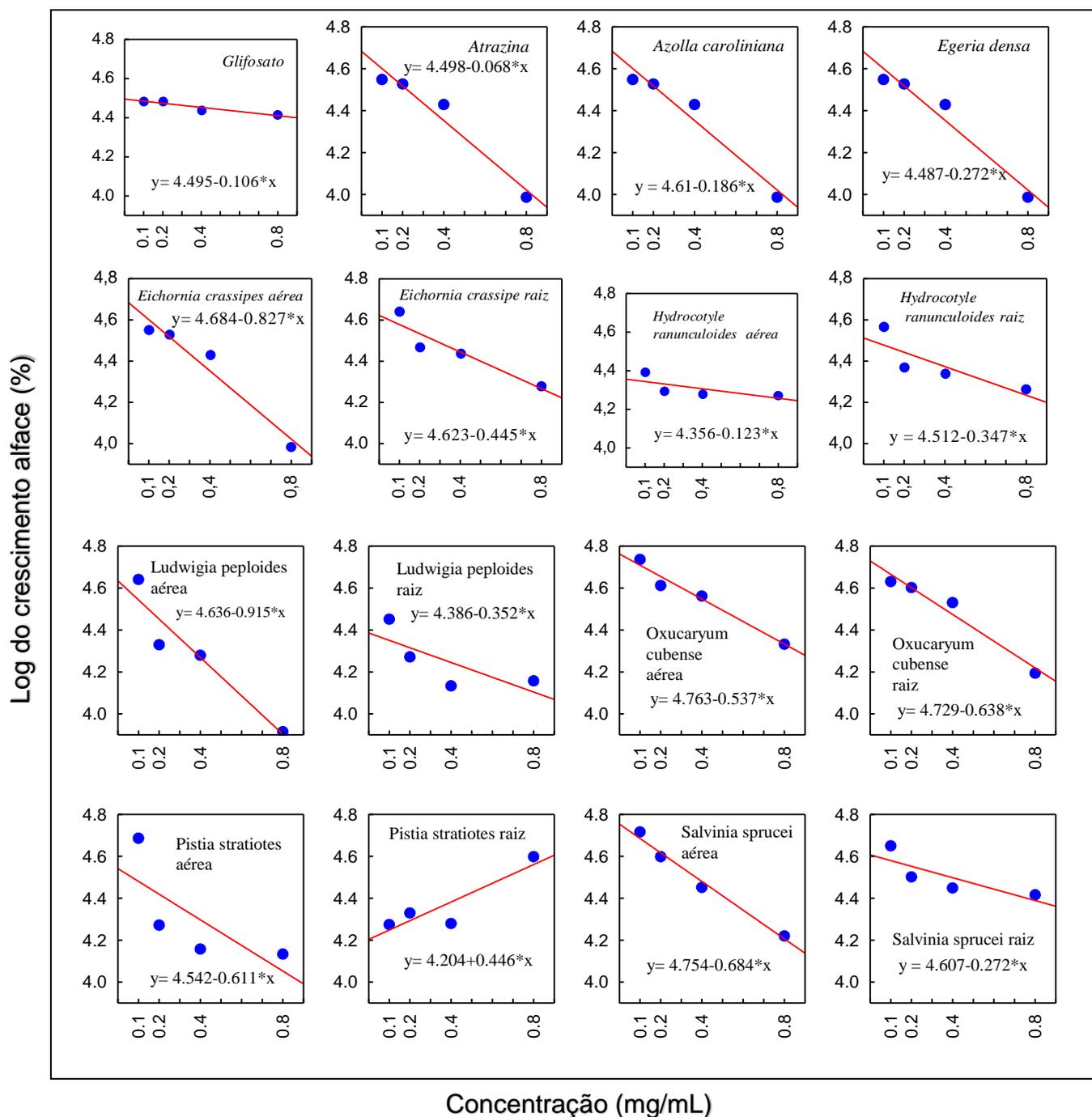


Figura 6: Crescimento com radículas de alface.

Pode-se constatar na figura 6, que o extrato da macrófita *P. stratiotes* (raiz) estimulou o crescimento das radículas. Em contrapartida, todos os outros extratos inibiram o crescimento das radículas, superando os controles glifosato $\alpha=0,106$ e atrazina $\alpha= 0,068$.

As plantas *S. sprucei* (aérea), *O. cubense* (raiz), *P. stratiotes* (aérea), *O. cubense* (aérea) e *E. crassipes* (raiz) apresentaram redução significativa das radículas sendo obtido coeficiente angular de 0,684; 0,638; 0,611; 0,537 e 0,445, respectivamente. Entretanto, cabe destacar os extratos da *L. peploides* (aérea) $\alpha = 0,915$ e *E. crassipes* (aérea) $\alpha = 0,827$, cujos coeficientes angulares apresentados foram aproximadamente nove vezes maiores que o dos controles. Estes resultados indicam o potencial alelopático destes extratos.

Assim, analisou-se também o acúmulo de biomassa seca conforme apresentado na Figura 7.

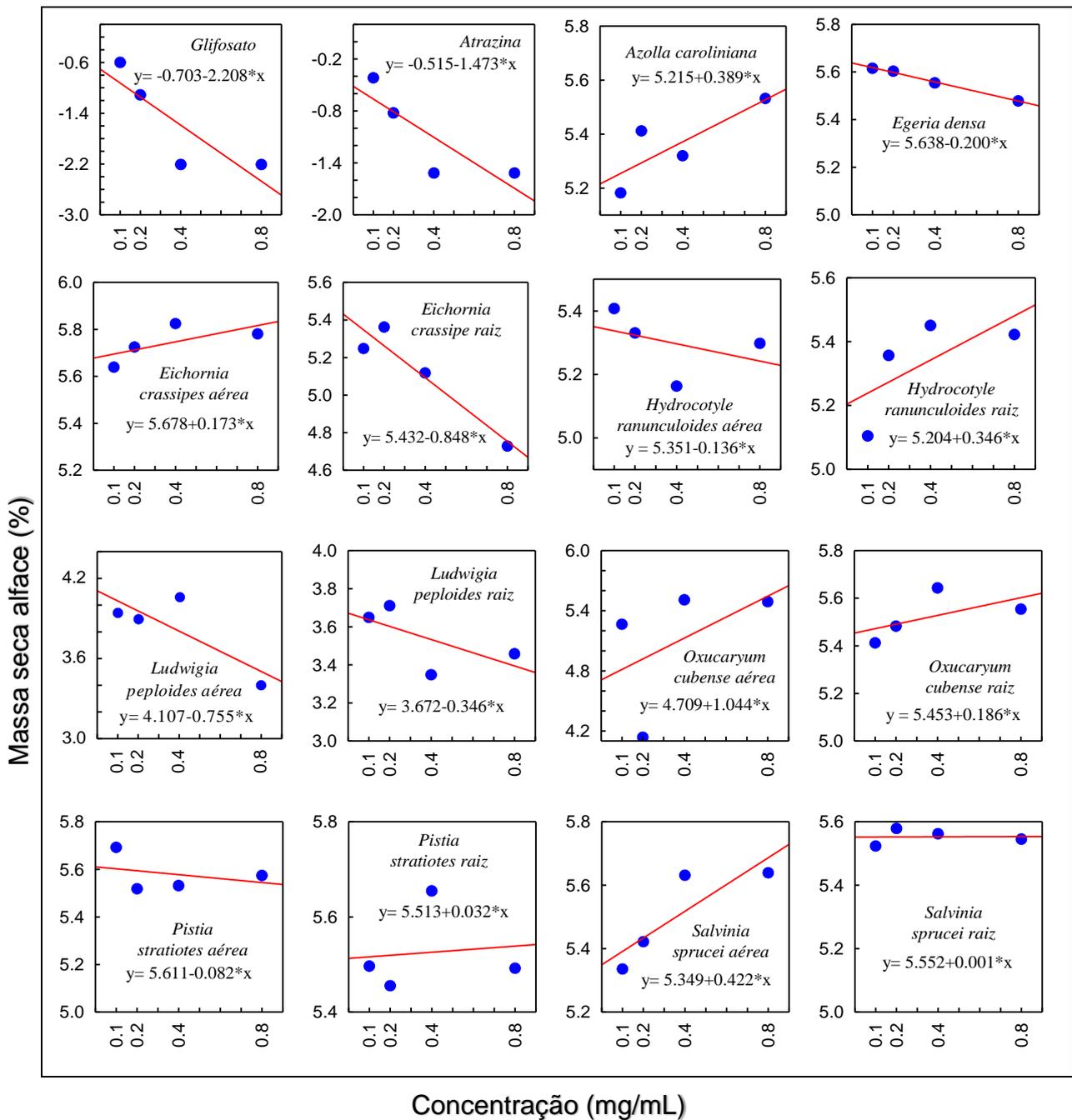


Figura 7: Biomassa seca sobre alfafa.

Para o teste de biomassa seca podemos destacar as plantas *E. crassipes* (raiz) $\alpha=0,848$, *L. peploides* (aérea) $\alpha=0,755$, *L. peploides* (raiz) $\alpha=0,346$, *E. densa* $\alpha=0,200$ e *H. ranunculoides* (aérea) $\alpha= 0,136$ que interferiram no desenvolvimento da radícula da alfafa, reduzindo a sua biomassa. Os controles apresentaram coeficiente de 2.208 para o glifosato, e 1.473 para atrazina. Uma das formas de demonstrar interferências em uma planta é no processo de crescimento, ou seja, enfraquecendo a radícula como foi o caso dos extratos.

6.2. BIOENSAIO COM PICÃO-PRETO (*Bidens pilosa* L.)

No quadro 3 encontram-se os resultados da análise de covariância para o teste de germinação com sementes de picão-preto.

Quadro 3: Análise de covariância para germinação com picão-preto (*B. pilosa*)

Effect	Univariate Tests of Significance for GERMINAÇÃO picão-preto Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	445,4389	1	445,4389	25953,58	0,000000
PLANTAS	0,6854	15	0,0457	2,66	0,009822
CONCENTRAÇÃO	1,2939	1	1,2939	75,39	0,000000
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	2,8438	15	0,1896	11,05	0,000000
Error	0,5492	32	0,0172		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

O p-valor apresentado na tabela para o efeito Plantas*Concentração foi <0,05 indicando interação entre eles, com isso rejeitamos a hipótese nula (H_0) pois o efeito da concentração sobre a germinação depende do extrato.

Os gráficos para o teste de germinação com as sementes de picão-peto encontram-se representados na Figura 8.

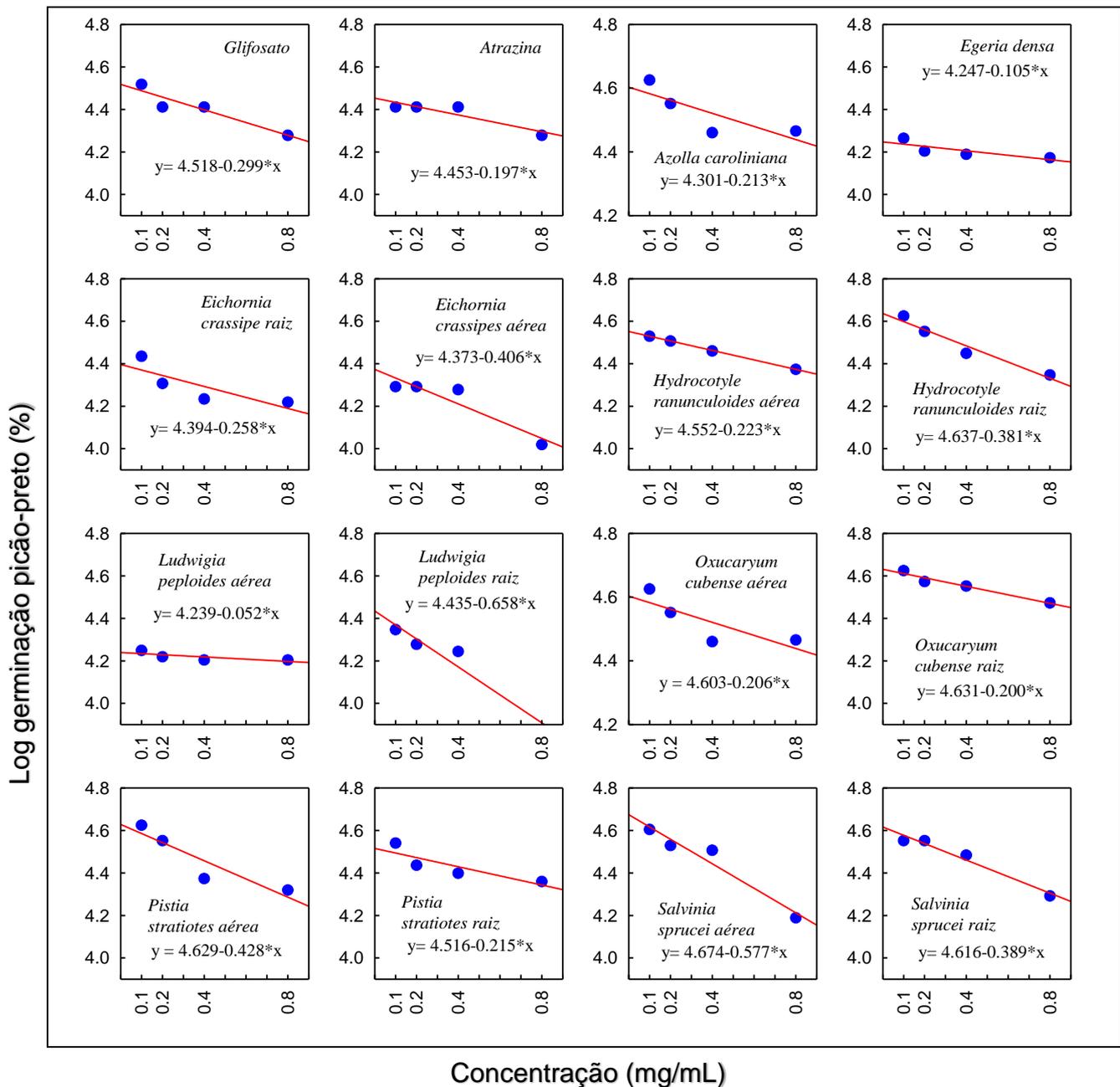


Figura 8: Germinação com sementes de picão-preto (*B. pilosa*)

Podemos observar que todas as plantas analisadas influenciaram na germinação do picão-preto, com destaque para os extratos da *L. peploides* (raiz) com coeficiente angular de $\alpha=0,658$; *O. cubense* (aérea) $\alpha=0,592$; *P. stratiotes* (aérea) $\alpha=0,428$; *S. sprucei* (aérea) $\alpha=0,577$ e *S. sprucei* (raiz) $\alpha=0,389$ pois apresentaram valores superiores aos controles glifosato $\alpha=0,299$ e atrazina $\alpha=0,197$, ou seja, os extratos foram mais eficazes que os controles na germinação do picão-preto.

No quadro 4 encontra-se a análise de covariância do teste de crescimento com radículas de picão-preto.

Quadro 4: Análise de covariância para o teste de crescimento com radículas picão-preto.

Univariate Tests of Significance for CRESCIMENTO picão-preto Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	363,7967	1	363,7967	196021,3	0,000000
PLANTAS	5,0272	15	0,3351	180,6	0,000000
CONCENTRAÇÃO	0,2405	1	0,2405	129,6	0,000000
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	0,0646	15	0,0043	2,3	0,022345
Error	0,0594	32	0,0019		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

O efeito entre Plantas*Concentração apresentou p-valor <0,05, rejeitando H_0 e considerando H_1 indicando interação entre as variáveis.

Os resultados obtidos para o crescimento com as radículas de picão-preto estão apresentados na Figura 9.

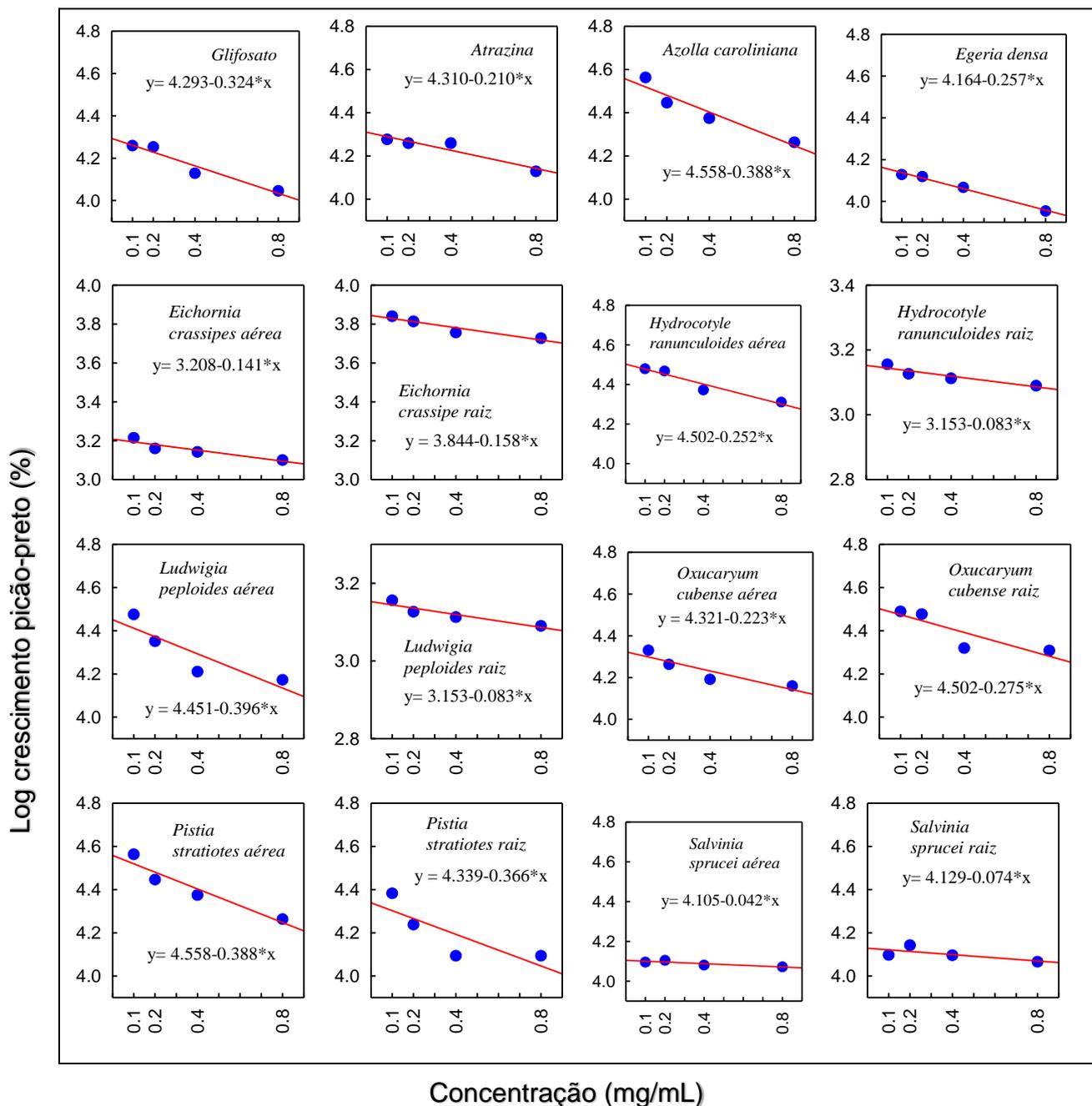


Figura 9: Crescimento sobre as radículas de picão-preto.

Para o teste de crescimento com as radículas do picão-preto podemos observar que as plantas apresentaram efeito inibitório quando comparados com os controles.

Os extratos das macrófitas *A. caroliniana* $\alpha=0,388$; *E. densa* $\alpha=0,257$; *L. peploides* (aérea) $\alpha=0,396$; *P. stratiotes* (aérea) $\alpha=0,388$; *P. stratiotes* (raiz) $\alpha=0,366$ apresentaram redução no crescimento próxima ou superior aos controles glifosato $\alpha= 0,324$ e atrazina $\alpha= 0,210$.

Com o intuito de analisar se as plantas influenciam no desenvolvimento das radículas analisou-se o acúmulo de biomassa seca conforme apresentado na Figura 10.

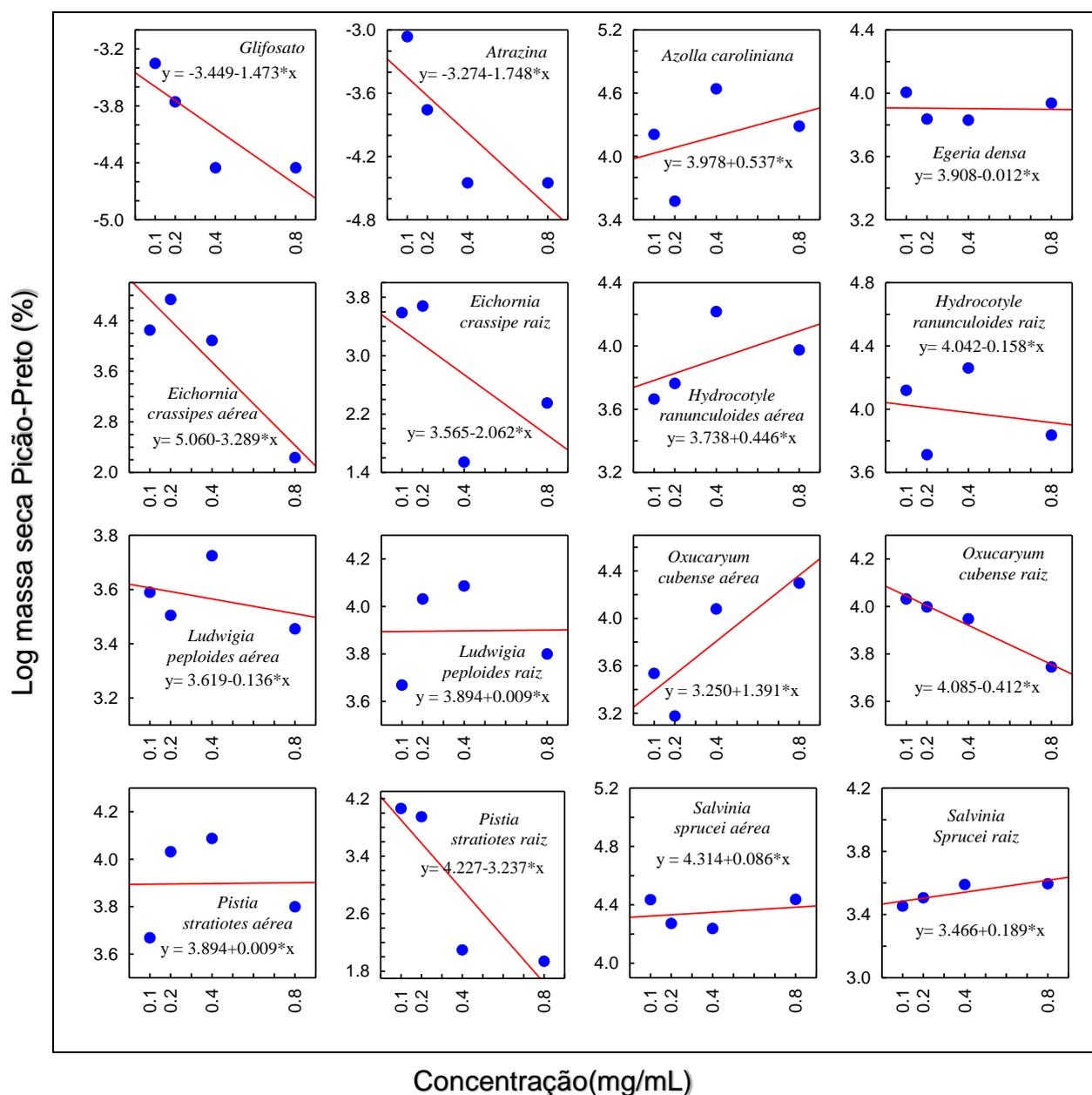


Figura 10: Biomassa seca com picão-preto.

Pode-se observar que os extratos *E. crassipes* (aérea) $\alpha = 3,289$, *E. crassipes* (raiz) $\alpha = 2,026$ e *P. stratiotes* (raiz) $\alpha = 3,237$ reduziram consideravelmente a massa da radícula quando comparados aos controles glifosato $\alpha = 1,473$ e atrazina $\alpha = 1,748$, ou seja, influenciaram no desenvolvimento do picão-preto, fazendo com que as mesmas não se desenvolvessem normalmente.

Já os extratos *A. caroliniana*, *H. ranunculoides* (aérea), *O. cubense* (aérea) *S. sprucei* (área) e (raiz) estimularam o crescimento das radículas. O processo da alelopatia não é apenas definido na germinação ou crescimento de sementes e radículas, mas consiste também em avaliar se a planta sofre influências no seu desenvolvimento sob a ação de extratos. Pode-se verificar que embora algumas plantas não tenham inibido a germinação ou o crescimento do picão preto, todos influenciaram o desenvolvimento desta erva daninha (KISSMANN; GROTH, 1999).

6.3. BIOENSAIO COM SORGO (*Sorghum bicolor*)

Para a germinação com as sementes de sorgo foi realizada uma análise de covariância e os resultados encontram-se no quadro 5.

Quadro 5: Análise de covariância para germinação com sorgo (*S. bicolor*)

Effect	Univariate Tests of Significance for GERMINAÇÃO SORGO Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	458,3967	1	458,3967	451826,9	0,000000
PLANTAS	0,0039	15	0,0003	0,3	0,996549
CONCENTRAÇÃO	0,0183	1	0,0183	18,0	0,000177
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	0,1382	15	0,0092	9,1	0,000000
Error	0,0325	32	0,0010		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

De acordo com o quadro 5, o valor do p-valor do efeito Plantas*Concentração é <0,05; ou seja, possuem interações significativas no teste de germinação do sorgo entre as concentrações e extratos analisados.

Os resultados observados no bioensaio de germinação com as sementes do sorgo, encontram-se na Figura 11.

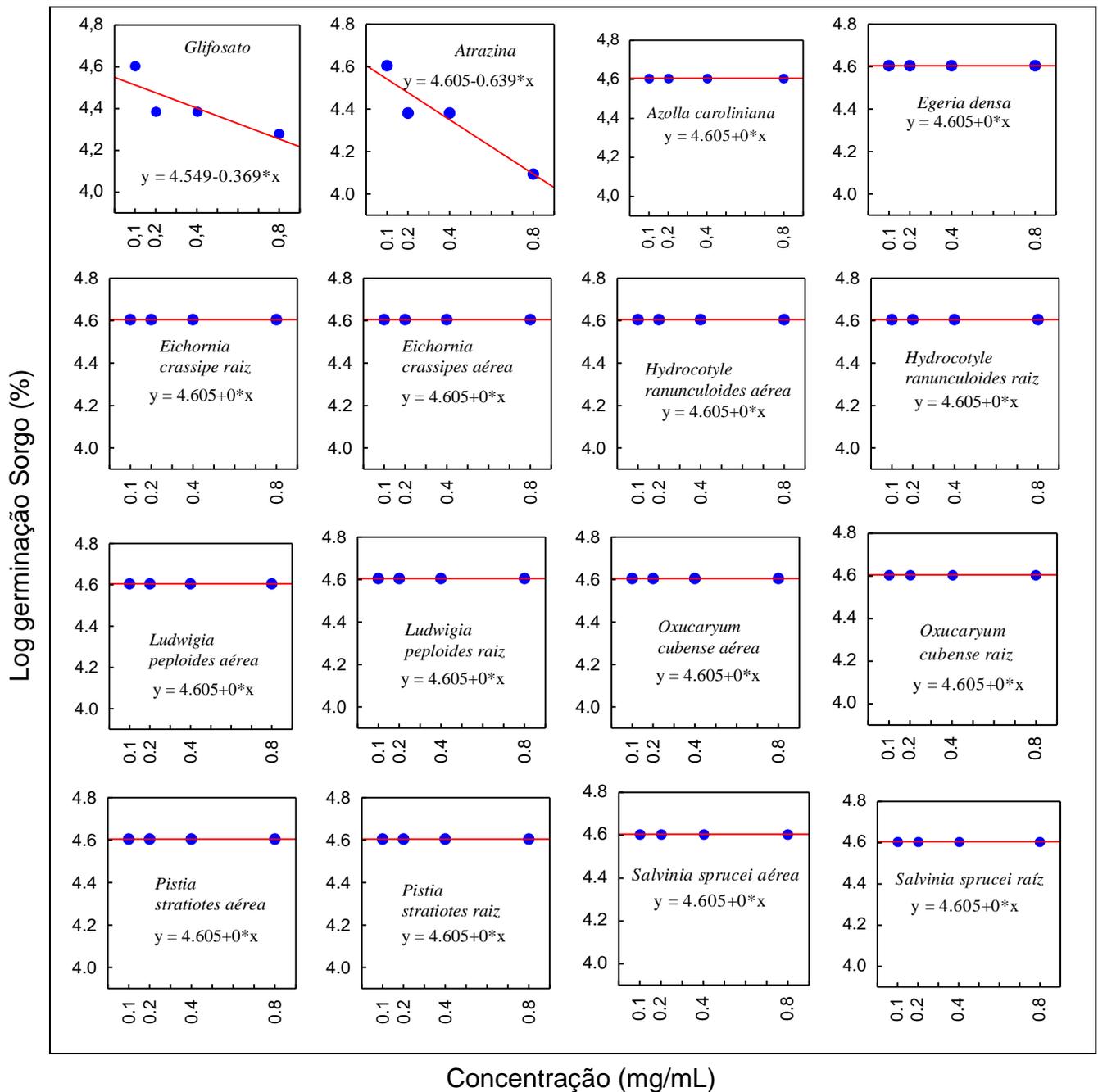


Figura 11: Germinação com sementes de sorgo (*S. bicolor*)

Podemos observar que os extratos analisados não influenciaram na germinação das sementes. Os controles glifosato e atrazina reduziram a germinação, apresentando coeficiente angular de 0,369 e 0,639 respectivamente. Para esse bioensaio a atrazina foi mais eficiente que o glifosato.

No quadro 6 encontra-se a análise de covariância para o teste de crescimento com as radículas de sorgo.

Quadro 6: Análise de covariância para o teste de crescimento com sorgo.

Effect	Univariate Tests of Significance for CRESCIMENTO SORGO Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	435,6404	1	435,6404	89823,21	0,000000
EXTRATOS	1,8114	15	0,1208	24,90	0,000000
CONCENTRAÇÃO	0,9621	1	0,9621	198,38	0,000000
EXTRATOS*CONCENTRAÇÃO	0,5469	15	0,0365	7,52	0,000001
Error	0,1552	32	0,0048		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

O efeito entre o Plantas*Concentração apresentou p-valor <0,05; rejeitamos H_0 e consideramos H_1 , pois há interação significativa entre eles.

Com isso foram plotados os gráficos para o teste de crescimento com as radículas de sorgo para cada planta, os quais estão apresentados na Figura 12.

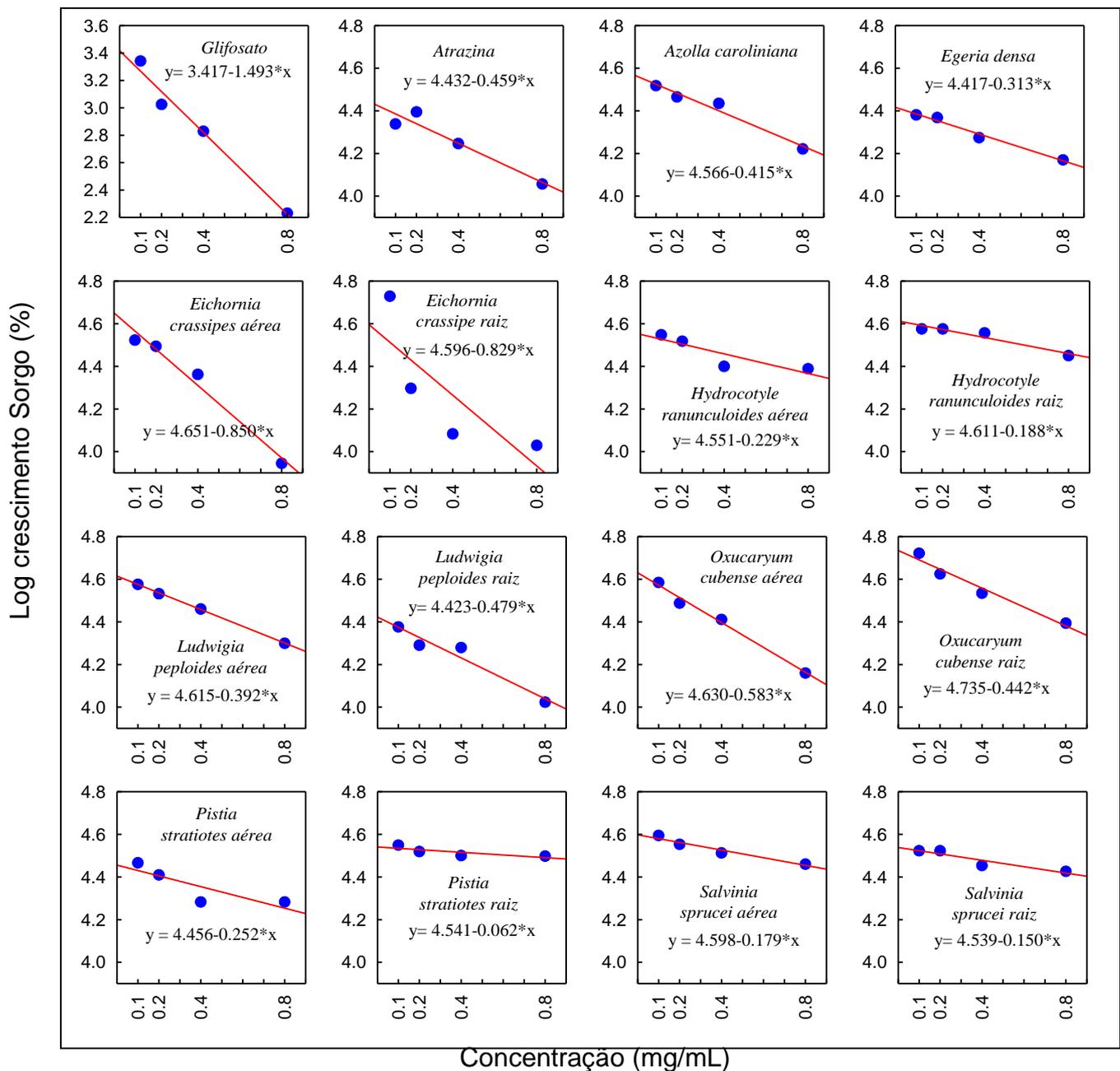


Figura 12: Crescimento com radículas de sorgo.

Todos os extratos das plantas analisados apresentaram inibição no crescimento das radículas de sorgo. Podemos destacar as macrófitas *E. crassipes* (aérea) com coeficiente angular de $\alpha=0,850$; *E. crassipes* (raiz) $\alpha=0,829$; *O. cubense* (aérea) $\alpha=0,583$; *O. cubense* (raiz) $\alpha=0,442$ e *A. caroliniana* $\alpha=0,415$ que apresentaram redução igual ou maior que a atrazina $\alpha=0,459$.

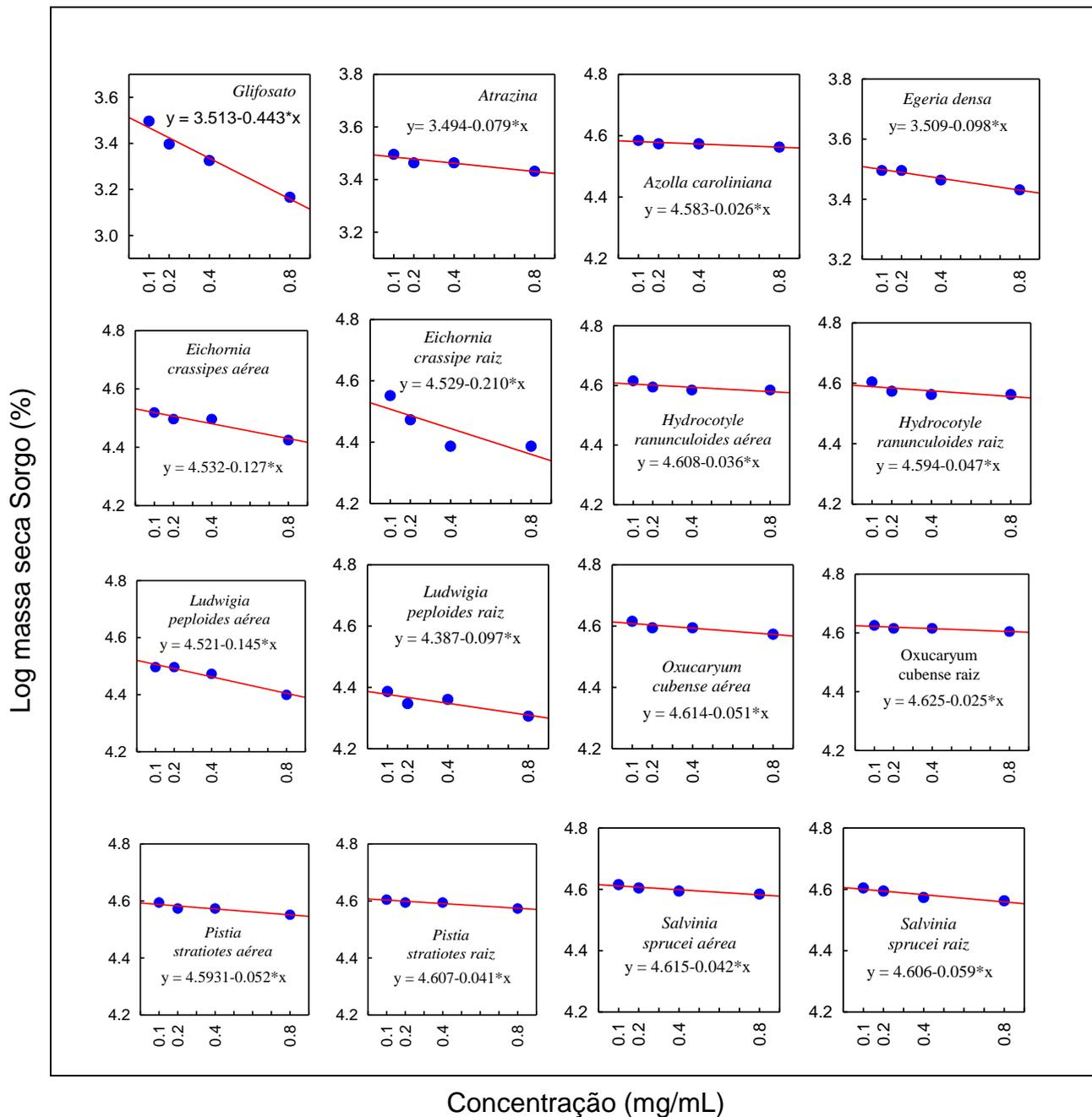


Figura 13: Biomassa seca sobre sorgo.

Para o teste de biomassa seca podemos observar que todos os extratos interferiram no desenvolvimento das radículas de sorgo. Mas destaca-se *E. crassipes* aérea $\alpha=0,127$, *E. crassipes* raiz $\alpha=0,210$ e *E. densa* $\alpha=0,098$ que apresentaram coeficiente superior ao da atrazina $\alpha=0,079$.

A planta *E. crassipes* apresentou ótimos resultados, interferiu no crescimento e no desenvolvimento da planta invasora, conferindo o efeito alelopático da planta sob esses testes.

De acordo com (FERREIRA; AQUILA, 2000), o crescimento da plântula é mais sensível aos aleloquímicos do que a germinação, pois o modo de ação direta dessas substâncias atua a partir da ligação nas membranas da planta receptora ou da penetração nas células, provocando interferência no metabolismo.

6.4. BIOENSAIO COM CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*)

Os resultados da análise de covariância para o teste de germinação de capim-amargoso encontram-se representados no Quadro 7.

Quadro 7: Análise de covariância para germinação com capim-amargoso (*D. insularis*)

Effect	Univariate Tests of Significance for GERMINAÇÃO capim-amargoso Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	437,3422	1	437,3422	44288,87	0,000000
PLANTAS	1,8628	15	0,1242	12,58	0,000000
CONCENTRAÇÃO	0,0830	1	0,0830	8,40	0,006709
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	0,5900	15	0,0393	3,98	0,000502
Error	0,3160	32	0,0099		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

Conforme o quadro 7 o valor do p-valor do efeito Plantas*Concentração é <0,05; rejeitando H_0 , e considerando H_1 que indica interação significativa entre os efeitos.

Os resultados do bioensaio de germinação com as sementes de capim-amargoso encontram-se na Figura 14.

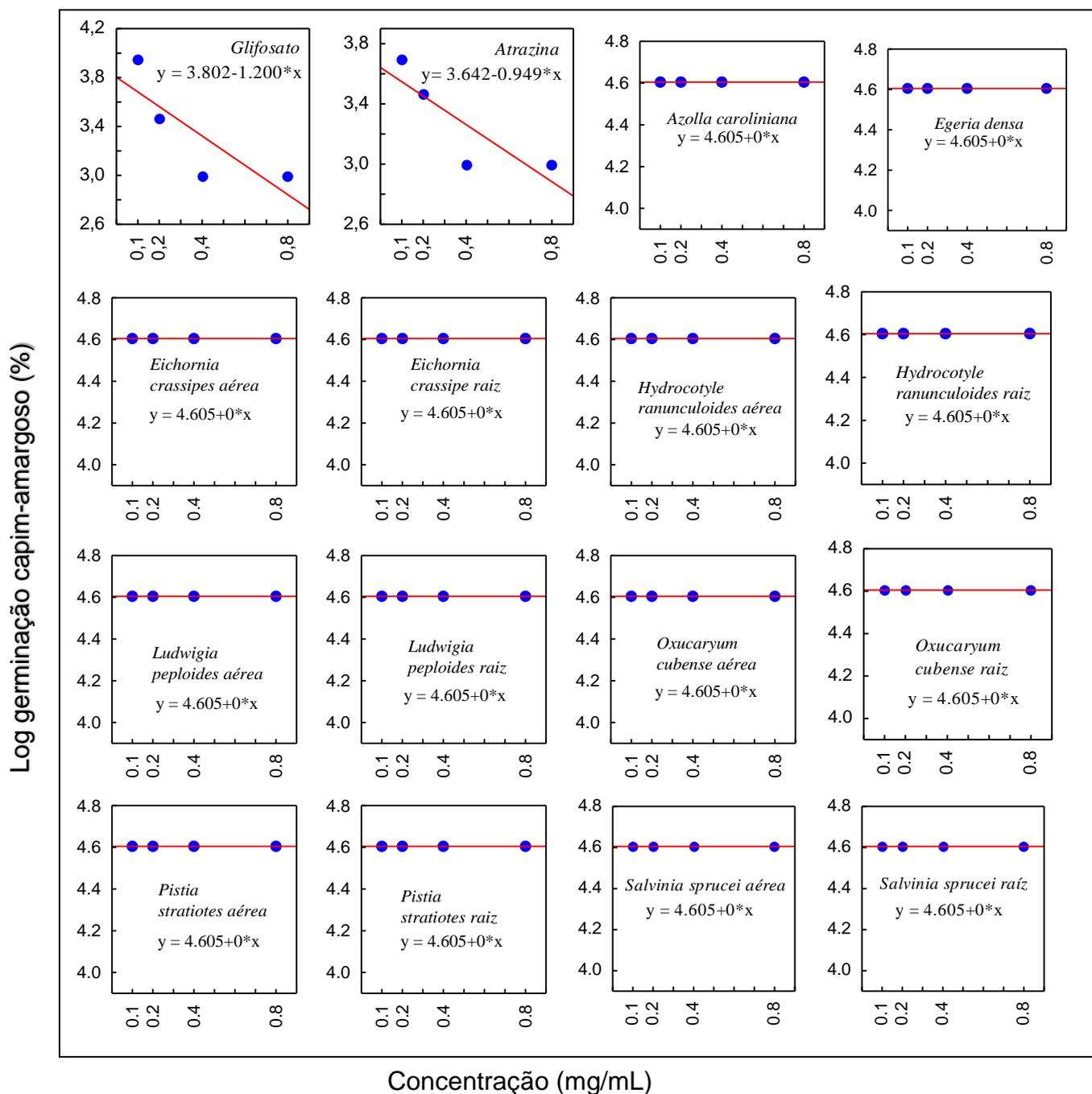


Figura 14: Germinação com sementes de capim-amargoso (*D.insularis*).

Podemos observar que não houve redução na germinação das sementes de capim-amargoso quando comparadas com os controles. O glifosato e a atrazina apresentaram redução significativa com coeficiente angular de $\alpha=1,200$ e $\alpha=0,949$ respectivamente.

Para o teste de crescimento com as radículas de capim-amargoso. No quadro 8 encontra-se a análise de covariância.

Quadro 8: Análise de covariância para o teste de crescimento com capim-amargoso.

Effect	Univariate Tests of Significance for CRESCIMENTO capim-amargoso Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	463,9822	1	463,9822	2725105	0,000000
PLANTAS	0,3629	15	0,0242	142	0,000000
CONCENTRAÇÃO	0,0052	1	0,0052	30	0,000000
PLANTAS*CONCENTRAÇÃO	0,0088	15	0,0006	3	0,001567
Error	0,0054	32	0,0002		

*SS= Soma dos quadrados sequenciais; DF= Graus de liberdade; MS= Quadrado médio sequencial; F= Valor de F para cada termo; P= valor da probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula

Podemos observar que o p-valor apresentado no quadro 8 é <0,05 para efeito Plantas*Concentração, mostrando que há interação entre as duas variáveis no bioensaio.

Os gráficos obtidos para o crescimento com capim-amargoso estão apresentados na Figura 15.

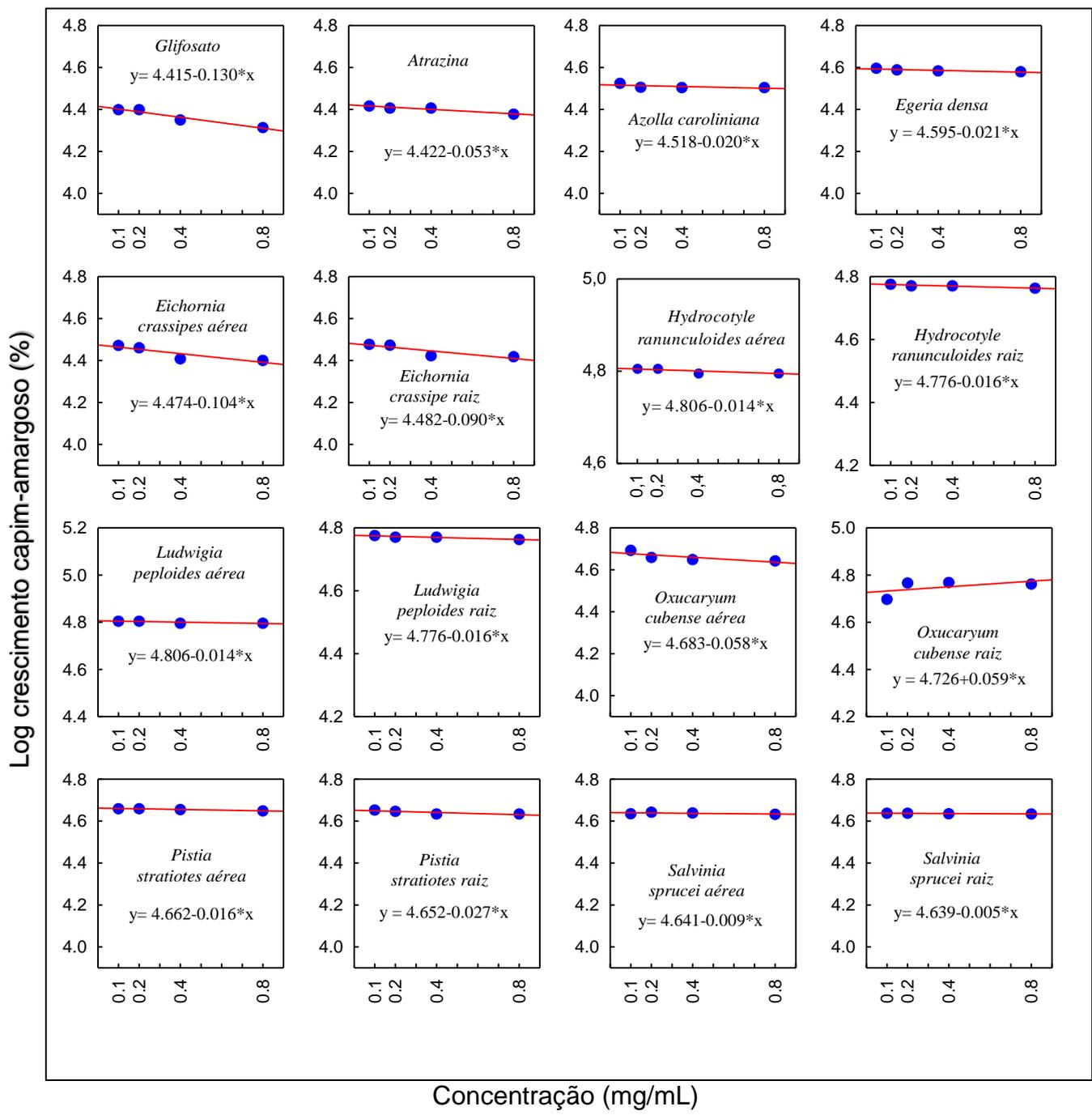


Figura 15: Crescimento de radículas de capim-amargoso.

No teste de crescimento com capim-amargoso podemos destacar os extratos das plantas *E. crassipes* (raiz) $\alpha=0,090$; *O. Cubense* (aérea) $\alpha= 0,058$ e *O. Cubense* (raiz) $\alpha= 0,059$ que apresentaram coeficiente maior que a atrazina $\alpha=0,053$. Já a planta *E. crassipes* (aérea) $\alpha=0,104$ apresentou redução muito próxima ao do glifosato $\alpha=0,130$.

Com isso analisamos o acúmulo de biomassa, e o efeito alopático. Os resultados estão apresentados na Figura 16:

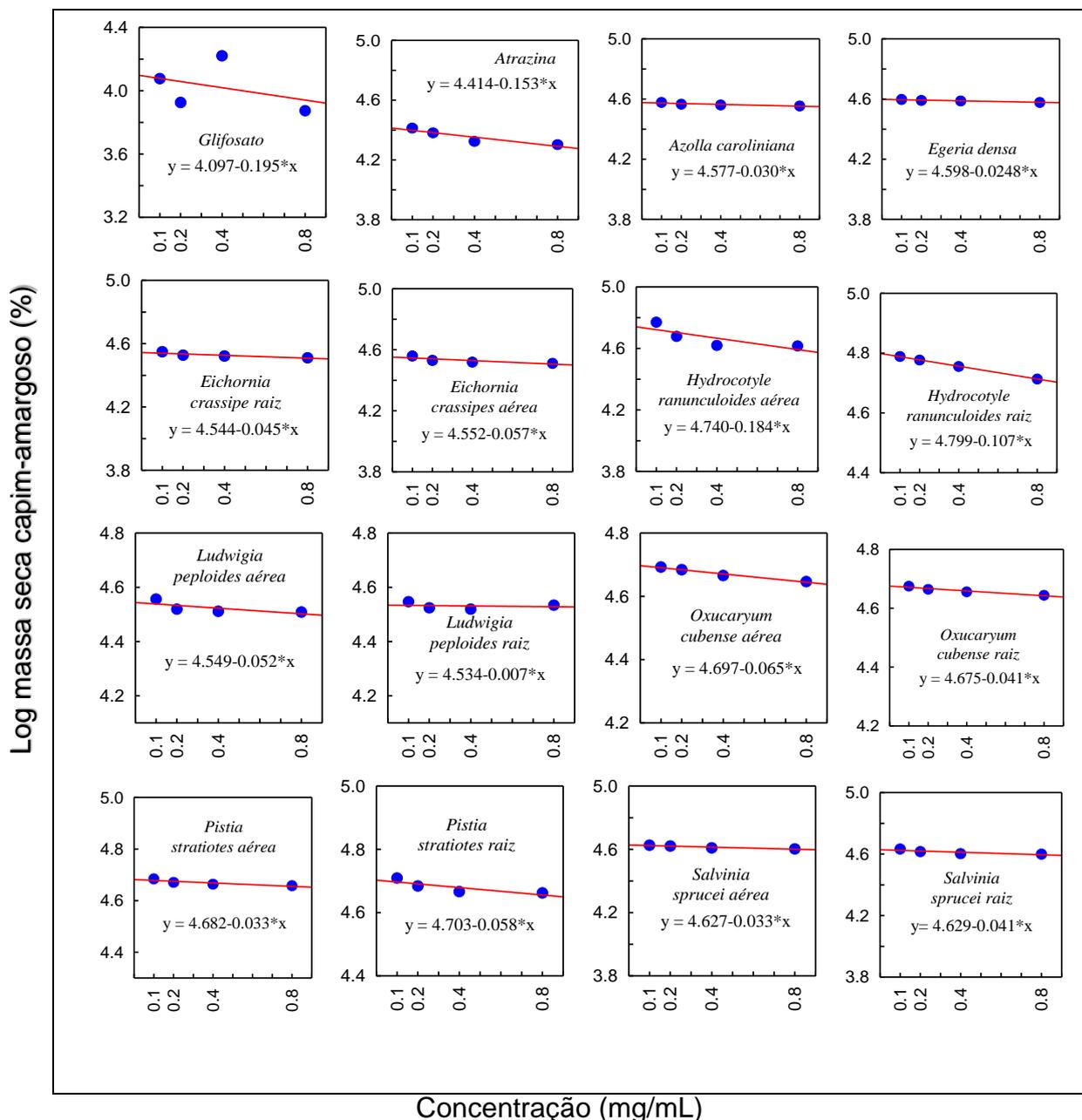


Figura 16: Biomassa seca sobre capim-amargoso.

Para o teste de biomassa seca com o capim-amargoso podemos observar que influenciaram no desenvolvimento da planta. Os melhores resultados foram apresentados pelas plantas *H. ranunculoides* (aérea) $\alpha=0,184$, *H. ranunculoides* (raiz) $\alpha=0,107$, *E. crassipes* (aérea) $\alpha=0,057$; *E. crassipes* (raiz) $\alpha=0,045$; *E. densa* $\alpha=0,098$; *O. cubense* (aérea) $0,065$ e *P. stratiotes* (raiz) $0,058$.

Os controles glifosato e atrazina apresentaram coeficiente angular de $\alpha=0,195$ e $\alpha=0,153$, respectivamente.

6.5. FENÓIS TOTAIS (F.T.)

O teor de fenóis totais das plantas aquáticas foi determinado, a fim de verificar se as plantas que apresentaram os melhores resultados no teste de alelopatia também são as que possuem maior teor de fenóis totais. Os resultados do teste estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Teor de fenóis totais das macrófitas.

Planta	F.T. (mg EAT g ⁻¹)	Planta	F.T. (mg EAT g ⁻¹)
<i>A. caroliniana</i>	52,61	<i>H. ranunculoides</i>	Aérea: 11,73 Raiz: 3,34
<i>E. crassipes</i>	Aérea: 15,73 Raiz: 13,64	<i>O. cubense</i>	Aérea: 24,53 Raiz: 21,41
<i>E. densa</i>	22,14	<i>P. stratiotes</i>	Aérea: 7,17 Raiz: 5,16
<i>L. peploides</i>	Aérea: 78,40 Raiz: 75,82	<i>S. spruce</i>	Aérea: 39,15 Raiz: 16,68

As plantas que apresentaram maior teor de fenóis totais foram: *L. peploides* que apresentou teor fenólico para a parte aérea de 78,40 (mg EAT g⁻¹) e para raiz 75,82 (mg EAT g⁻¹), *A. caroliniana* que apresentou teor fenólico alto de 52,21 (mg EAT g⁻¹) e *E. densa* 22,14 (mg EAT g⁻¹).

6.6. ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA UV

Realizou-se também a análise de espectroscopia na região do UV para os extratos das macrófitas, com o intuito de detectar algumas classes de compostos naturais. Um perfil espectral UV ($\lambda = 200-400$ nm, foi realizado conforme apresentado na Figura 17.

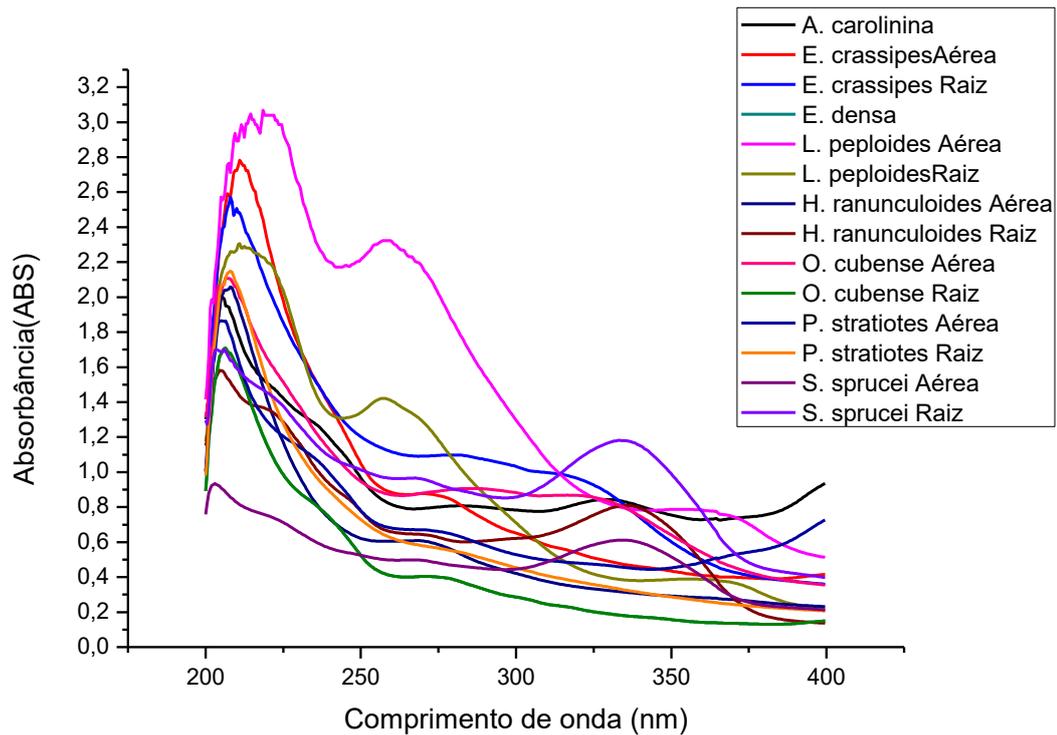


Figura 17: Espectros eletrônicos obtidos dos extratos das macrófitas.

Quatro bandas de absorção distintas foram observadas: Banda I (max500–504,5 nm); BandII (max391,5–468 nm); Banda III (max312,5–368,5 nm); Banda IV (max223–291 nm).

Pode-se observar que o perfil espectral mostrou uma banda em aproximadamente 250 nm para os extratos da *L. peploides* parte (aérea) e (raiz) e para *Azolla caroliniana*. Já os extratos *E. crassipes* parte (aérea) e (raiz), e *E densa* apresentaram banda em aproximadamente 280 nm.

7. DISCUSSÃO

Neste estudo, o objeto de investigação foram as plantas aquáticas, uma vez que já é conhecido o poder destas plantas de se reproduzirem com muita rapidez e devido sua capacidade de interferir no ambiente aquático impedindo o crescimento de outras espécies. Uma busca na base de dados *scopus* do período de 2019 a 2021, com palavras chaves: alelopatia, macrófitas e o nome científico de cada macrófita, revelou a existência de poucos trabalhos referentes a investigação da ação alelopática destas em plantas terrestres. A grande maioria dos trabalhos se referem a ação das macrófitas sob algas ou outros organismos.

Segundo (JIN et al., 2003), o extrato de éter de petróleo: éter etílico (1:3) da *E. crassipes* apresentou um potencial alelopático, inibindo em 93,7% o crescimento da alga *S. obliquus* em todas as concentrações testadas (1,0; 1,5; 2,0 mg/mL). Em outro trabalho, os autores (WANG et al., 2011) verificaram que o extrato alcoólico da parte aérea e raiz da *E. crassipes* apresentou efeitos inibitórios de até 80,9% no crescimento da alga *M. aeruginosa*. O mesmo foi observado por (SHANAB et al., 2010) para o extrato aquoso da *E. crassipes* que inibiu o crescimento da alga *M. aeruginosa* em até 97,3%, e ao aumentar a concentração do extrato aumentou também a inibição da alga testada, indicando que o extrato excreta substâncias inibitórias do sistema radicular apresentando potencial alelopático.

Amorim observou que o extrato aquoso de *E. densa* reduziu em 43% o crescimento das algas *M. aeruginosa* e *M. panniformis*. e atribuiu aos compostos fenólicos detectados na planta como os possíveis responsáveis pelo efeito alelopático da planta (AMORIM, 2017).

7.1. EXPERIMENTO COM ALFACE

Este trabalho avaliou inicialmente a ação dos extratos das macrófitas com *L. sativa*. que é utilizada como modelo indicador de atividade alelopática por apresentar sensibilidade aos metabólitos secundários (OBEIDAT et al., 2017).

Os resultados mais expressivos foram observados no teste de crescimento para a *L. peploides* (aérea) $\alpha=0,915$, *E. crassipes* $\alpha=0,827$ (aérea) e $\alpha=0,445$ (raiz), *S. sprucei* (aérea) $\alpha=0,684$, *P. stratiotes* $\alpha=0,611$, *O. cubense*

(aérea) $\alpha=0,537$ e (raiz) $\alpha=0,638$, resultados superiores aos controles glifosato $\alpha=0,106$ e atrazina $\alpha=0,068$, lembrando que quanto maior o valor de α maior a inibição do crescimento das radículas. Com relação ao acúmulo de biomassa, a *E. crassipes* (raiz) apresentou $\alpha=0,848$ e *L. peploides* (aérea) $\alpha=0,755$, já o glifosato $\alpha=2,208$ e atrazina $\alpha=1,473$, indicando que as plantas influenciaram drasticamente no desenvolvimento das radículas.

Em um estudo realizado por Pereira e colaboradores também observaram comportamento semelhante para o extrato etanólico da parte aérea e raiz da *E. crassipes* com uma inibição de 98,89% para o extrato da parte aérea e 95,56% para a raiz. O extrato da raiz também reduziu o crescimento da radícula, sendo observado redução de 94%. (PEREIRA et al., 2014)

O potencial alelopático da *L. peploides* foi avaliado por Dandelot, em tanques contendo a macrófita inteira (*in vivo*), e observou que a planta inibiu em 48,6% a germinação de alface. Neste trabalho, observou-se uma ação mais pronunciada desta macrófita no crescimento das radículas. (DANDELOT et al., 2008)

(TAKAO et al., 2011) investigando outras espécies do gênero *Ludwigia* observou que os extratos aquosos das macrófitas *Ludwigia arrecta*, *Ludwigia hyssopifolia* e *Ludwigia octovalvis* apresentam efeito alelopático, observando redução de mais de 94% no crescimento das radículas de alface sendo todas as concentrações testadas (1,25; 2,5; 5; 10%). Embora os trabalhos referentes ao gênero *Ludwigia* seja de locais diferentes, fica evidente o efeito que os compostos presentes nestas plantas têm sob o crescimento da alface.

7.2. EXPERIMENTO COM PICÃO PRETO

Uma vez observado o efeito dos extratos das macrófitas sobre a alface, avaliou-se a ação destes extratos sobre o picão-preto.

O picão-preto é uma planta invasora altamente resistente e uma das plantas mais comuns em muitos países. O meio mais comum de seu combate é o uso de glifosato misturado com 2,4D (Ácido diclorofenoxiacético) que é também um herbicida sintético para aumentar a eficiência, com dosagem recomendada de 2,0 a 6,0L. Embora a toxicidade aguda do glifosato seja considerada baixa, alguns estudos têm revelado que o herbicida pode causar

defeitos crônicos de nascimento em determinadas espécies de animais, quando administrado em doses elevadas e por um período prolongado. A dose diária aceitável por massa corpórea deste composto é relativamente baixa (0,05 mg. Kg⁻¹.d⁻¹) (AMARANTE JUNIOR et al., 2002), com isso muitas pesquisas buscam meios alternativos e mais naturais para controlar esta invasora principalmente quando se tornam resistentes.

O experimento com o picão-preto apresentou resultados bastante interessantes na germinação para a *L. peploides* (raiz) $\alpha=0,658$, *O. cubense* $\alpha=0,592$, *S. sprucei* $\alpha=0,577$ e *P. stratiotes* (aérea) $\alpha=0,428$ apresentando coeficientes superiores ao glifosato $\alpha=0,299$ e atrazina $\alpha=0,197$.

No teste de crescimento, as plantas *L. peploides* $\alpha=0,388$, *P. stratiotes* parte (aérea) $\alpha=0,388$, (raiz) $\alpha=0,366$ apresentaram os melhores resultados, apresentando coeficientes superiores ou próximos ao dos controles glifosato $\alpha=0,324$ e atrazina $\alpha=0,210$. Na análise de biomassa seca pode-se destacar a *E. crassipes* (aérea) $\alpha=3,289$, (raiz) $\alpha=2,026$ e *P. stratiotes* (raiz) $\alpha=3,237$ que apresentaram coeficientes maiores que os controles $\alpha= 1,473$ e atrazina $\alpha=1,748$. Esses resultados são muito importantes, uma vez que a planta foi mais eficiente que os controles, ainda mais frente ao picão que apresenta infestação em ambientes mais intensamente modificados (SANTOS; CURY, 2011).

A busca por métodos mais naturais para o controle do picão, podem ser observados na literatura por Huang e colaboradores avaliaram o extrato *B. javanica* em bioensaios frente *Bidens pilosa* na concentração de concentração de 125 $\mu\text{g/mL}$, teve efeito herbicida inibindo o crescimento do caule de *B. pilosa*, com a inibição de 100%. A concentração (250 $\mu\text{g/mL}$), o composto bruceinas D–F podem afetar completamente o crescimento do caule de *B. pilosa* (HUANG et al., 2021).

Já Wu e seus colaboradores observaram que os efeitos dos voláteis das folhas de *M. micrantha* na concentração de 100 $\mu\text{L}\cdot\text{L}$ inibiu 100% da germinação das sementes de picão-preto (WU et al., 2021).

7.3. EXPERIMENTO COM SORGO

Para o experimento com o sorgo podemos destacar ótimos resultados frente ao crescimento para as plantas *E. crassipes* (aérea) $\alpha=0,850$, (raiz) $\alpha=0,829$, *O. cubense* (aérea) $\alpha=0,583$, (raiz) $\alpha=0,583$ e *A.caroliniana* $\alpha=0,415$ que apresentaram coeficiente angular maior que a atrazina $\alpha=0,459$, ou seja, apresentaram redução no crescimento, sendo superior a um herbicida sintético convencionalmente utilizado em lavouras. Já os extratos *E. crassipes* (aérea) $\alpha=0,127$, (raiz) $\alpha=0,210$ e *E. densa* $\alpha=0,098$ influenciaram no desenvolvimento da biomassa do sorgo, sendo superior a atrazina $\alpha=0,079$.

O sorgo, embora seja uma cultura usada como base alimentar para animais, mesmo após a sua colheita, pode germinar e se desenvolver prejudicando a safra da plantação sucessora. (BIESDORF, 2017) observou que a soja cultivada após a cultura do milho apresentava em torno de 80% de plântulas emergidas, já a soja semeada após a cultura do sorgo apresentava apenas 60%. A soja apresentou melhor germinação após a cultura do milho do que após a cultura do sorgo, sendo esses resultados atribuídos a alelopátia do sorgo interferindo na cultura sucessora.

Para o controle químico do sorgo, utiliza-se majoritariamente o herbicida atrazina, cujo mecanismo de ação inibe a absorção da luz (fotossistema II) (DAN et al., 2011). Apresenta baixa toxicidade e moderado risco ambiental, os dados epidemiológicos mostraram que essa substância pode apresentar certa toxicidade crônica, principalmente, nos sistemas hormonal e reprodutor de organismos vivos. Recomenda-se dosagem de 3,0 a 7,0L/ha (CARMO; et al., 2014).

7.4. EXPERIMENTO COM CAPIM AMARGOSO

Neste trabalho também foi avaliada a ação dos extratos sobre a planta invasora capim-amargoso que é considerada bastante agressiva na competição com a cultura de interesse, como uma das plantas infestantes mais difíceis de serem controladas, pois apresenta resistência ao glifosato interferindo na produtividade agrícola das culturas. Para um controle totalmente eficaz dessa planta indesejada, são necessárias aplicações sequenciais que envolvem uma

primeira aplicação com herbicidas sistêmicos (glifosato e graminicidas) e aplicações sequenciais com herbicidas de contato (glufosinato de amônio e paraquat).

O tratamento dos extratos das macrófitas com o capim-amargoso, apresentou resultados interessantes, no teste de crescimento a *E. crassipes* (aérea) $\alpha=0,090$, (raiz) $\alpha=0,104$, *O. cubense* (aérea) $\alpha=0,058$ e (raiz) $\alpha=0,059$ se sobressaíram a atrazina $\alpha=0,053$. No experimento para avaliar o desenvolvimento das plântulas, o extrato da *H.ranunculoides* (aérea) apresentou acúmulo de biomassa de $\alpha=0,184$ sendo superior à atrazina $\alpha=0,153$, este resultado é muito positivo uma vez que o capim-amargoso tem a capacidade de retirar do solo os nutrientes impossibilitando a germinação de outras espécies, interferindo negativamente em culturas agrícolas de interesse.

Na literatura podem ser encontrados diversos trabalhos utilizando plantas terrestres e convencionais como doadoras de substâncias alelopáticas. Segundo (ANDREANI; SILVA, 2018) utilizando o extrato aquoso das folhas de eucalipto (*Eucaliptus camaldulensis*), obtiveram uma redução de 56% da germinação em sementes de capim-amargoso. (BOEHM; SIMONETTI, 2014) também observaram redução da germinação das sementes da planta invasora com extrato aquoso de crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) em todas as concentrações analisadas 2%, 4%, 5%, 6%, 8%, 10%, 15% e 20%.

Há muitos trabalhos avaliando os efeitos dos herbicidas sintéticos, e o sinergismo de dois ou mais agroquímicos sobre o capim-amargoso, como é o caso da pesquisa de Viecelli e colaboradores que em um experimento sob condições em nível de campo, misturaram o herbicida sintético 2,4-D (1,005 g a.e.ha⁻¹) com o inseticida organofosforado chlorpyrifos (720 g a.i.ha⁻¹) e observou que houve redução no rendimento de grãos quando aplicados na cultura do trigo (VIECELLI et al., 2019).

Já Adegas e seus colaboradores, utilizando os herbicidas cletodim, fluazifop-p-butil, tepraloxidima, haloxifop-metil e paraquat, obtiveram controles superiores a 90%. Entretanto, quando a planta cresce, ela rebrota, e esse controle cai para a média de 50% (ADEGAS et al., 2017).

Zobiole observou que o controle do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) perenizadas em florescimento não foi efetivo quando realizadas aplicações isoladas de cletodim, fluazifop-p-butil, tepraloxidim, haloxifop-metil associados

ao glifosato pois não forneceu o controle mínimo de 80%. Porém, a aplicação sequencial de graminicidas com glifosato promoveram redução da massa seca das plantas.(ZOBIOLE et al., 2016).

(PARREIRA et al., 2010) concluíram o controle de *D. insularis* como insatisfatório, para todas as associações de glifosato com haloxyfop ou sethoxydim, não atingindo 50%. O quizalofop-p-tefuril em associação a diferentes doses de glifosato (1,44, 2,16 e 2,88 kg e.a. ha⁻¹) não proporcionou mais que 60% de controle (CORREIA; DURIGAN, 2009).

7.5. FENÓIS TOTAIS (F.T.)

Os compostos fenólicos são as substâncias químicas mais comumente associadas com o efeito alelopático (TAIZ et al., 2017). Classificam-se em ácidos fenólicos, flavonoides, fenóis simples, cumarinas, taninos e ligninas (LARCHER W, 2000). Os ácidos fenólicos atuam induzindo o aumento da atividade de enzimas oxidativas, causando assim, modificações da permeabilidade da membrana e a formação de lignina, contribuindo para a redução do crescimento radicular da planta (PEREIRA et al., 2018). Os flavonoides são os compostos naturais mais presentes nas plantas e apresentam efeitos alelopáticos capazes de inibir a germinação e o crescimento de plantas (BAIS et al., 2006).

A macrófita da *L. peploides* embora tenha apresentado o maior teor de fenóis 78,40 (mg EAT g⁻¹) para parte aérea e 75,82 (mg EAT g⁻¹) para (raiz), mostraram resultados mais expressivos no teste de crescimento com a alface e picão-preto. E no teste de massa seca para as radículas de alface, apresentando maior acúmulo de biomassa. Este resultado sugere que os compostos fenólicos presentes nesta macrófita não apresentam boa ação alelopática nas plantas alvo empregadas neste trabalho. A triagem fitoquímica da *L. peploides* realizada por (SMIDA et al., 2018) indicou a presença de flavonóides, taninos e fenóis.

No caso da *A. caroliniana* que apresentou teor fenólico de 52,21 (mg EAT g⁻¹), verificou se que o extrato hidroetanólico causou uma diminuição no crescimento das radículas do picão-preto e sorgo. Esta atividade pode ser atribuída aos fenóis presentes na planta pois segundo Nayak e colaboradores a triagem fitoquímica da planta revelou a presença de glicosídeos, terpenóides, carboidratos, taninos, flavonóides, esteróides, resinas e fenóis (NAYAK, 2014).

A *E. densa* com F.T. de 22,14 (mg EAT g⁻¹), mostrou-se ativo sob as radículas do picão-preto, causando diminuição no crescimento da planta invasora. O extrato interferiu também no desenvolvimento da biomassa das radículas do picão-preto, sorgo e capim-amargoso. Segundo (KOTELNAYA et al., 2019) a triagem fitoquímica revelou principalmente a presença de saponinas na planta aquática. (AMORIM, 2017) também verificou boa atividade alelopática da *E. densa* frente ao crescimento de *M. aeruginosa*. O autor associou esta atividade à presença das saponinas nesta planta.

No caso da *E. crassipes* que apresentou F.T. de 15,73 e 13,64 (mg EAT g⁻¹) para a parte aérea e raiz, respectivamente, observou-se bons resultados nos bioensaios. Os resultados que mais se destacaram para os extratos da *E. crassipes* (aérea) e (raiz) para o teste com radículas de alface, sorgo e capim-amargoso, e na biomassa seca do picão-preto, sorgo e capim-amargoso influenciando no desenvolvimento das plântulas. Vários autores ao realizarem a triagem fitoquímica detectaram a presença de flavonóides, terpenóides, açúcares redutores, alcalóides e saponinas na planta (HAGGAG; ABOU; ABOUZIENA, 2017; KUMAR, 2014; PAVA; SANABRIA; L., 2003). O efeito alelopático observado para estes extratos pode estar associado principalmente a saponinas, terpenóides e alcalóides, uma vez que foi observado baixo teor de compostos fenólicos.

7.6. ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA UV

Sisa e colaboradores indicam que bandas em 250 nm são características de flavonóides que possuem cromóforos aromáticos (SISA et al., 2010). Ássimos também fala sobre a absorção de flavonóides na região entre 250 e 280 nm, pois as transições que resultam em absorção de radiação eletromagnética nessa região do espectro ocorrem entre níveis de energia eletrônicos, sendo no cromóforo do benzeno tipo $\pi \rightarrow \pi^*$ (ÁSSIMOS, 2014). Como foi observado para as plantas *L. peploides* parte (aérea) e (raiz) e para *Azolla caroliniana* neste trabalho, reforçando a presença desta classe de compostos nestas plantas.

Já (VERZA, 2006), descreve que bandas em torno de 280 nm são características de taninos hidrolisáveis. (LÔBO et al., 2008) Indica que para as

classes de flavanol ou taninos, as principais características de absorção desta subfamília fenólica, são dadas por uma banda de absorção intensa a 280 nm, comum a todas as substâncias fenólicas. Os extratos das macrófitas *E. crassipes* parte (aérea) e (raiz), e *E densa* apresentaram bandas em aproximadamente 250 nm.

8. CONCLUSÃO

Nos bioensaios de crescimento e biomassa seca, é possível verificar bons resultados para os extratos da *A. caroliniana*, *E. densa*, *O. cubense* (aérea) e (raiz), *P. stratiotes* (aérea) e (raiz), *L. peploides* (aérea) e (raiz) e principalmente a *E. crassipes* (aérea) e (raiz) que influenciaram diretamente no crescimento e desenvolvimento da plântula sobretudo sob picão-preto, sorgo e amargoso.

O teor de F.T, dos extratos das plantas *E. crassipes*, *L. peploides*, *A. caroliniana* pode ser correlacionado com a atividade de inibição na germinação e crescimento das plantas daninhas testadas, uma vez que é conhecida a ação alelopática de compostos fenólicos. No caso da *E. densa*, a atividade observada pode ser atribuída à presença de saponinas que possuem atividades diversas como a alelopática.

Dessa maneira, os resultados observados neste trabalho, estimulam a continuidade de estudos nesta área de pesquisa uma vez que ainda é pouco explorado o potencial biológico das plantas aquáticas, principalmente como candidatas a bioerbicidas. Além disso, é de grande relevância a busca por meios alternativos para o desenvolvimento de uma agricultura limpa que colaboram com a preservação do meio ambiente.

9. REFERÊNCIAS

ABBAS, T. et al. Influência alelopática de plantas daninhas aquáticas em ecossistemas agrícolas: Uma revisão. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

ADEGAS, F. et al. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. p. 1–12, 2017.

AGROFIT. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**.

ALAHUHTA, J.; AROVIITA, J. Quantifying the relative importance of natural variables, human disturbance and spatial processes in ecological status

- indicators of boreal lakes. **Ecological Indicators**, v. 63, p. 240–248, 2016.
- AMARANTE JUNIOR, O. P. DE et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589–593, 2002.
- AMBIKA, S. R. **Allelopathy**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- AMORIM, C. A. Efeitos alelopáticos mútuos entre a macrófita aquática *Egeria densa* Planch. e a cianobactéria formadora de florações *Microcystis*. v. 549, p. 40–42, 2017.
- ANDREANI, R.; SILVA, M. Q. O. M. M. EFEITO DE EXTRATOS VEGETAIS AQUOSOS SOBRE A GERMINAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS. v. 15, n. Goiânia, p. 188–197, 2018.
- ANJOS, A. Planejamento de Experimentos II. 2004.
- ÁSSIMOS, A. A. Avaliação da Concentração e dos Tipos de Flavonoides na Própolis Utilizando Métodos Quimiométricos de Classificação e Calibração. Avaliação da Concentração e dos Tipos de Flavonoides na Própolis Utilizando Métodos Quimiométricos de Classificação e Calibraç. p. 79, 2014.
- BAIS, H. P. et al. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, n. February 2006, p. 233–266, 2006.
- BARROS, J.; CALADO, J. Rotação de herbicidas em trigo para prevenir a resistência das infestantes em condições Mediterrânicas. v. 43, n. 1, p. 3–13, 2020.
- BETTIOL. **Control biológico de enfermedades de plantas en America latina y el caribe**. [s.l: s.n.].
- BHATTI, K. H. . et al. A Critical Review on Herbicide Resistance in Plants. **World Applied Sciences Journal**, v. 28, p. 1036–2013, 2013.
- BIESDORF, E. M. **ALELOPATIA DO SORGO GRANÍFERO SOBRE A SOJA E AS PLANTAS DANINHAS** Viçosa, MG, 2017.
- BOEHM, N. R.; SIMONETTI, A. P. M. M. Interferência alelopática do extrato de crambe sobre sementes de capim-amargoso. **Cultivando o Saber**, v. 7, p. 83–93, 2014.
- CARMO;, D. A. DO et al. A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2014.
- CHANG, X.; EIGEMANN, F.; HILT, S. Do macrophytes support harmful cyanobacteria? Interactions with a green alga reverse the inhibiting effects of macrophyte allelochemicals on *Microcystis aeruginosa*. **Harmful Algae**, v. 19, p. 76–84, 2012.
- CHAVES, R. J. et al. Resistência De Plantas Daninhas a Herbicidas E Alternativas De Controle: Uma Revisão. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 194–212, 2019.

- CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. Aos herbicidas inibidores da als. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 513–519, 2002.
- CIPRIANI, F. A. et al. Avaliação da fitotoxidez de *Tecoma stans* (L.) kunth. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 1–7, 2014.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Manejo químico de plantas adultas de *Digitaria insularis* com glyphosate isolado e em mistura com chlorimuronethyl ou quizalofop-p-tefuril em área de plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 689–697, 2009.
- CREMONESE, C. et al. Exposição a agrotóxicos e eventos adversos na gravidez no sul do Brasil, 1996-2000. **Cadernos de Saude Publica**, v. 28, n. 7, p. 1263–1272, 2012.
- CUNICO, M. M. et al. Potencial antimicrobiano e alelopático das amidas isoladas do extrato das raízes de *Ottonia martiana* Miq. **Quimica Nova**, v. 29, n. 4, p. 746–749, 2006.
- DAN, H. A. et al. Effect of the Growth Stage of *Cenchrus echinatus* on Weed Suppression Imposed by Atrazine. **Planta Daninha**, v. 29, n. Viçosa-MG, p. 179–184, 2011.
- DANDELLOT, S. et al. Allelopathic potential of two invasive alien *Ludwigia* spp. **Aquatic Botany**, v. 88, n. 4, p. 311–316, 2008.
- DANTAS-SANTOS, N. et al. Freshwater plants synthesize sulfated polysaccharides: Heterogalactans from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 1, p. 961–976, 2012.
- DAYAN, F. E. et al. Manuka Oil, A Natural Herbicide with Preemergence Activity. **Weed Science**, v. 59, n. 4, p. 464–469, 2011.
- DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, v. 17, n. 12, p. 4022–4034, 2009.
- DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Main aspects of the pollution in Brazilian rivers by pesticides. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1296–1301, 2014.
- DOUGLASS, J. F.; RADOSEVICH, M.; TUOVINEN, O. H. Mineralization of atrazine in the river water intake and sediments of a constructed flow-through wetland. **Ecological Engineering**, v. 72, p. 35–39, 2014.
- DUKE, S. O. et al. Invited Paper: Chemicals from nature for weed management. **Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 138–151, 2002.
- FAVERO, C. et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355–1362, 2001.
- FERREIRA, G. A. .; AQUILA, M. E. A. **Alelopatia: uma área emergente na ecofisiologia**. [s.l: s.n.]. v. 12
- FERREIRA, J. C.; PATINO, C. M. O que realmente significa o valor-p? **Jornal**

Brasileiro de Pneumologia, v. 41, n. 5, p. 485–485, 2015.

GHOSH, P. K.; PHILIP, L. Atrazine degradation in anaerobic environment by a mixed microbial consortium. **Water Research**, v. 38, n. 9, p. 2277–2284, 2004.

GIULIETTI, A. M. **Espécies Invasoras Guia das**. [s.l: s.n.].

GRASSI, R. F. et al. Estudo fitoquímico e avaliação alelopática de *Memora peregrina* - “ciganinha” - bignoniaceae, uma espécie invasora de pastagens em mato grosso do sul. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 199–203, 2005.

GUI, A.; MARIA, F. E.; ALVES, E. Allelopathy: an Emerging Topic in Ecophysiology. **Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. VII, p. 175–204, 2000.

HAGGAG, M. W. E. S. M. .; ABOU; ABOUZIENA, H. F. Phytochemical Analysis, Antifungal, Antimicrobial Activities and Application of *Eichhornia crassipes* Against Some Plant Pathogens. **Planta Daninha**, v. 35, n. 0, p. 1–11, 2017.

HUANG, Y. et al. Herbicidal activity and bioactive components of *Brucea javanica* (L.) Merr. residue. 2021.

INÁCIO, L. et al. **Cap‐Dependent/Cap‐Independent Translation**. [s.l: s.n.].

JAYANTHI, P.; LALITHA, P.; AARTHI, N. Larvicidal and pupicidal activity of extracts and fractionates of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms against the filarial vector *Culex quinquefasciatus* Say. **Parasitology Research**, v. 111, n. 5, p. 2129–2135, 2012.

JEPPESEN, E. et al. Climate change impacts on lakes: An integrated ecological perspective based on a multi-faceted approach, with special focus on shallow lakes. **Journal of Limnology**, v. 73, n. 1 SUPPL, p. 88–111, 2014.

JIN et al. **Isolation and Identification Of Extracts Of *Eichhornia Crassipes* And Their Allelopathic Effects On Algae.**, 2003.

KANISSERY, R. G.; SIMS, G. K. Biostimulation for the Enhanced Degradation of Herbicides in Soil. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2011, p. 1–10, 2011.

KARAM, D. Manejo integrado de plantas daninhas. p. 151–158, 2008.

KISSMANN, K. .; GROTH, D. Plantas Infestantes E Nocivas. v. 2, n. ED, p. 152–284, 1999.

KOLEKAR, P. D.; PHUGARE, S. S.; JADHAV, J. P. Biodegradation of atrazine by *Rhodococcus* sp. BCH2 to N-isopropylammelide with subsequent assessment of toxicity of biodegraded metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, n. 3, p. 2334–2345, 2014.

KOTELNAYA, Y. I. et al. Notes on the saponins in the plants of the family Hydrocharitaceae. **Botanica Pacifica**, v. 8, n. 1, p. 57–61, 1 maio 2019.

KUMAR, K. A. Pharmacological investigation of leaf extract of *Typha angustata* for depressant activity. v. 02, n. 03, p. 3–5, 2014.

LA CECILIA, D.; MAGGI, F. Kinetics of atrazine, deisopropylatrazine, and deethylatrazine soil biodecomposers. **Journal of Environmental Management**, v. 183, p. 673–686, 2016.

LARCHER W. **Ecofisiologia Vegetal**. . Rima Artes e Textos. ed. São Carlos: [s.n.].

LÔBO, L. T. et al. Artigo. v. 31, n. 3, p. 493–497, 2008.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. DE. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, v. 42, n. 117, p. 518–534, 2018.

MA, L. et al. Rapid biodegradation of atrazine by *Ensifer* sp. strain and its degradation genes. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 116, p. 133–140, 2017.

MACÍAS, F. A. et al. Structure-activity relationships (SAR) studies of benzoxazinones, their degradation products and analogues. Phytotoxicity on standard target species (STS). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 3, p. 538–548, 2005.

MARQUES, C. R.; FRAGOSO T.; D., F. F. M. ecossistemas aquáticos M ODELAGEM E COLÓGICA em. n. January 2016, 2009.

MATIAS, T. P. et al. Aspectos envolvidos na biodegradação da atrazina sob diferentes condições de oxirredução. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e59910817689, 2021.

MESNAGE, R. et al. Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles. **BioMed Research International**, v. 2014, n. Table 1, 2014.

MOHAMED, Z. A. Macrophytes-cyanobacteria allelopathic interactions and their implications for water resources management—A review. **Limnologia**, v. 63, p. 122–132, 2017.

MOTOMIYA, A. V. A. et al. Revista Agrarian. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 11, p. 01–09, 2017.

NAYAK, D. R. L. T. M. B. D. Microglia Development and Function *. 2014.

O DUKE, S.; B POWLES, S. Allelopathy – a natural alternative for weed control. **Pest management science**, v. 63, n. 11, p. 1100–1106, 2008.

OBEIDAT, M. et al. Antimicrobial and Insecticidal Activities of n-Butanol Extracts from Some *Streptomyces* Isolates. n. September, 2017.

OLIVEIRA, M. F. DE; BRIGHENTI, A. M. Controle de Plantas Daninhas. **Embrapa**, v. 1 edição, 2018.

PARREIRA, M. C. . et al. Manejo químico de *Digitaria insularis* em área de plantio diret. **Brasileira de Ciências Agrárias ISSN:**, v. 5, p. 1981, 2010.

PAVA, C. N. R. .; SANABRIA, A. G. Z. .; L., C. Antimicrobial activity of four varieties of plants against pathogens clinical significance in Colombia. **Nova vol.15 no.27 Bogotá Jan./June 2017**, v. 15, n. 27, p. 119–129, 2003.

PEREIRA, F. J. et al. Lead tolerance of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart. – Pontederiaceae) as defined by anatomical and physiological traits. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 3, p. 1423–1433, 2014.

PEREIRA, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- SORGO**. [s.l: s.n.].

PEREIRA, J. C. et al. Potencial alelopático e identificação dos metabólitos secundários em extratos de *Canavalia ensiformis* L. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 243–252, 2018.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. [s.l: s.n.].

POMPÊO, M. L. M. . M.-C. V. **Macrófitas aquáticas e perfiton: aspectos ecológicos e metodológicos**. . Editora Rima ed. São Carlos: [s.n.].

RAMOS, H. H. **Perdas Ligadas à Má Aplicação de Agrotóxicos**. 2 ed ed. Jundáí : [s.n.].

ROTH, I. L.; ROTH, I. L. **Medicinais Sobre a Germinação De Corda-De-Viola**. 2013.

SAMSEL, A.; SENEFF, S. Glyphosate, pathways to modern diseases III: Manganese, neurological diseases, and associated pathologies. **Surgical Neurology International**, v. 6, n. 1, 2015.

SANDERSON, K. . B. et al. Allelopathic influence of the aqueous extract of jatropha on lettuce (*Lactuca sativa* var. Grand Rapids) germination and development. **Journal of Food, Agriculture & Environment** , p. 641–643, 2013.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. P **Icão -P Reto : U Ma P Lanta D Aninha E Special. Planta**, p. 1159–1171, 2011.

SHANAB, S. M. M. et al. Allelopathic effects of water hyacinth [*Eichhornia crassipes*]. **PLoS ONE**, v. 5, n. 10, 2010.

SILVA, A. F.; CRUZ, C. . .; PITELLI, R. A. Ecotoxicidade de herbicidas para a macrófita aquática (*Azolla caroliniana*). **Planta daninha [online]**, v. 30, p. 541–546, 2012.

SILVA, E. S. et al. Cenário das pesquisas sobre alelopatia no Brasil e seu potencial como estratégia na diminuição da utilização de pesticidas que provocam poluição ambiental: uma revisão integrativa. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 442, 2018.

SIQUEIRA, J. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 11–81, 2004.

SISA, M. et al. Photochemistry of flavonoids. **Molecules**, v. 15, n. 8, p. 5196–5245, 2010.

SMIDA, I. et al. Anti-Acne , Antioxidant and Cytotoxic Properties of Ludwigia peploides Leaf Extract To cite this version : HAL Id : hal-01928736 Anti-Acne , Antioxidant and Cytotoxic Properties of Ludwigia peploides Leaf Extract. 2018.

SOBRERO, M. C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. **Imta**, p. 55–67, 2004.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório: revisão crítica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 689–697, 2010.

SOUZA; PEREIRA, A. A. G. .; C., B. J. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 25–32, 2005.

SOUZA, R. T. **Uso de Equipamentos de Proteção Individual na Pulverização de Videiras**. . Porto Alegre : [s.n.].

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. [s.l: s.n.].

TAKAO, L. K. et al. Potencial alelopático de macrófitas aquáticas de um estuário cego 1 Introdução. v. 25, n. 2, p. 324–330, 2011.

TOLEDO, R. E. B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 319–326, 2009.

TUOVINEN, O. H. et al. Kinetics of aerobic and anaerobic biomineralization of atrazine in surface and subsurface agricultural soils in Ohio. **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 50, n. 10, p. 718–726, 2015.

VAIL, A. W. et al. Biodegradation of atrazine by three transgenic grasses and alfalfa expressing a modified bacterial atrazine chlorohydrolase gene. **Transgenic Research**, v. 24, n. 3, p. 475–488, 2015.

VASCONCELOS, Y. Agrotóxicos na berlinda. **Revista FAPESP**, v. 271, p. 18–27, 2018.

VERZA, S. G. Avaliação das variáveis analíticas dos métodos de determinação do teor de taninos totais baseados na formação de complexos com substâncias protéicas e derivados da polivinilpirrolidona. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas**, p. 134, 2006.

VIECELLI, M. et al. RESPONSE OF WHEAT PLANTS TO COMBINATIONS OF HERBICIDES WITH INSECTICIDES AND FUNGICIDES. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1–12, 2019.

WANG, J. et al. Generation of reactive oxygen species in cyanobacteria and green algae induced by allelochemicals of submerged macrophytes. **Chemosphere**, v. 85, n. 6, p. 977–982, 2011.

WU, R. et al. Drought enhanced the allelopathy of goldenrod on the seed germination and seedling growth performance of lettuce. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 30, n. 1, p. 423–432, 2021.

ZAVARIZ, A. et al. A utilização de glifosato no cultivo de café, um estudo epistemológico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36046–36058, 2020.

ZHANG, S. HUA et al. Allelopathic activities of three emergent macrophytes on several monospecific cyanobacterial species and natural phytoplankton

assemblages. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 24, n. 1, p. 397–402, 2015.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 157, 2016.

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Caovilla, Michelly Maira

Alelopatia de algumas espécies de plantas aquáticas /
Michelly Maira Caovilla; orientadora Flávia Giovana
Manarin; coorientadora Conceição de Fátima Olguin. --
Toledo, 2021.

61 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de
Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em
Química, 2021.

1. Bioherbicidas. 2. macrófitas. 3. bioensaio. 4.
herbicidas naturais. I. Manarin, Flávia Giovana , orient.
II. de Fátima Olguin, Conceição , coorient. III. Título.

Ativar o Windows
Acesse Configurações