



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO E DOUTORADO EM AGRONOMIA

IVAN KOMURO CABRAL

AVALIAÇÃO DE EXTRATO ETANÓLICO DE *Urochloa ruziziensis* NO CULTIVO
DA SOJA

Presidente Prudente - SP
2021



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO E DOUTORADO EM AGRONOMIA**

IVAN KOMURO CABRAL

**AVALIAÇÃO DE EXTRATO ETANÓLICO DE *Urochloa ruziziensis* NO CULTIVO
DA SOJA**

Projeto de pesquisa apresentada Programa de Pós-graduação em Agronomia, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para sua admissão ao curso de mestrado em Produção vegetal.

Orientador: Dr. Fabio Fernando Araújo

Presidente Prudente - SP
2021

633.34
C117a

Cabral, Ivan Komuro.

Avaliação de extrato etanólico de *Urochloa
ruzizensis* no cultivo da soja / Ivan Komuro Cabral. –
Presidente Prudente, 2021.

58f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente
Prudente, SP, 2021.

Bibliografia.

Orientador: Fabio Fernando de Araújo.

1. Germinação. 2. Rotação de culturas. 3.
Nodulação. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DE EXTRATO ETANOLICO DE *Urochloa ruziziensis* NO CULTIVO DA SOJA"

AUTOR(A): IVAN KOMURO CABRAL

ORIENTADOR(A): Dr. FABIO FERNANDO DE ARAÚJO

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

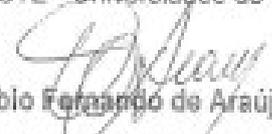
Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:


Dr. José Salvador Siqueira Foloni

EMBRAPA Soja - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Londrina (PR)

Dra. Rita de Cássia Lima Mazzuchelli

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)


Dr. Fabio Fernando de Araújo

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Data da realização: Presidente Prudente, 15 de dezembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família por todo suporte e apoio na condução do trabalho.

Agradeço aos professores da Universidade do Oeste Paulista e amigos que colaboraram com conhecimento e suporte possibilitando a elaboração do trabalho, em especial ao professor orientador, doutor Fabio Fernando de Araujo que através de seus conhecimentos guiou a condução durante todo o trabalho da melhor maneira possível possibilitando sua conclusão, a professora Doutora Rita de Cassia Lima Mazzuchelli por toda ajuda ao longo do período sem medir esforços e agradeço ao técnico do laboratório de biologia do solo Diego Guevara Magalhães por todo suporte na condução das análises.

RESUMO

Avaliação de extrato etanólico de *Urochloa ruziziensis* no cultivo da soja

A soja é o principal produto agrícola mundial, com grande importância sócio-econômica. Seu cultivo é realizado frequentemente em sistemas de integração lavoura pecuária e plantio direto, devido sua adaptabilidade. No sistema de integração lavoura pecuário utilizam-se diversas espécies de gramíneas forrageiras, como as do gênero *Urochloa*. A *U. ruziziensis* possui grande adoção nos sistemas de cultivo devido suas características. O trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento da soja e a biologia do solo com aplicação de extrato etanólico de *U. ruziziensis*. Inicialmente foi realizada a extração dos compostos da *U. ruziziensis*, obtendo-se assim o extrato alcoólico bruto, no qual foram determinados os teores de flavonóides, polifenóis totais e alcalóides e submetidas a avaliação de detecção de flavonóides por cromatografia líquida. Em seguida, foi conduzido experimento na casa de vegetação do laboratório de biologia do solo da Unoeste (Campus II), para observar a influência do extrato sobre a soja (BRS388RR) e a microbiologia do solo, o experimento foi caracterizado por 5 tratamentos com 5 repetições cada, apresentando dosagens crescentes do extrato, sendo eles T1 - 0g, T2 - 5g, T3 - 1g, T4 - 1,5g e T5 - 2g por vaso⁻¹, totalizando-se 25 parcelas experimentais, as plantas foram conduzidas por 60 dias. Ao final foram realizadas avaliações referentes ao desenvolvimento da planta (altura de plantas, massa seca da parte aérea e radicular, número de vagens por planta e índice de área foliar da soja), foi realizada avaliação quanto à nodulação das raízes e avaliação do estado nutricional foliar e sendo realizada avaliação espectral e índice de clorofila total. A partir da avaliação espectral foram calculados os seguintes índices espectrais da soja, NDVI, PRI, MCARI e AOKI. A avaliação da atividade microbiana do solo, foi realizada em dois períodos (15 e 60 dias após a semeadura), foi realizada o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração do solo, atividade da enzima desidrogenase e calculado o quociente metabólico. Dentre as avaliações referentes ao extrato foi possível observar a presença em maior quantidade de flavonóides, foram identificados os flavonóides Naringenina e Kaempferol. O extrato quando aplicado na soja demonstrou estimular o desenvolvimento da planta gerando acréscimos na altura e massa seca da parte aérea, maior peso de nódulos, nodulação e redução da massa fresca radicular das plantas. A dosagem mais elevada se destacou no nitrogênio foliar. O extrato de *U. ruziziensis* proporcionou aumentos no carbono da biomassa microbiana na dosagem mais elevada, bem como aumento da respiração, quociente metabólico e desidrogenase para maior dosagem. A assinatura espectral na soja mostrou que houve maior refletância na região próxima a R530 e também na região do infravermelho próximo (NIR) nos tratamentos com maiores doses de extrato aplicado no solo. O índice NDVI apresentou respostas decrescentes ao aumento das dosagens os demais índices, apresentaram resposta inversa aumentando linearmente com aumento das dosagens de extrato. Na correlação dos índices espectrais com a biomassa da parte aérea da soja verificou-se que o NDVI apresentou correlação negativa e o PRI destacou-se com correlação positiva. Concluiu-se que o extrato proporcionou ganhos no desenvolvimento e nodulação da soja, não constatando efeito alelopático e sendo observada alteração do comportamento espectral da soja em função do aumento da dose de extrato.

aplicado ao solo. O extrato não impactou negativamente a microbiologia do solo ao final do experimento.

Palavras-chave: Metabólitos secundários; Rotação de culturas; Nodulação.

ABSTRACT

Evaluation of ethanolic extract from *Urochloa ruziziensis* in soybean cultivation

Soy is the world's main agricultural product, with great socio-economic importance. Its cultivation is often carried out in crop-livestock integration systems and no-till farming, due to its adaptability. In the crop-livestock integration system, several species of forage grasses are used, such as those of the genus *Urochloa*. *U. ruziziensis* has been widely adopted in cropping systems due to its characteristics. The objectives of this work were to evaluate soybean growth and soil biology with the application of ethanolic extract of *U. ruziziensis*. Initially, the extraction of compounds from *U. ruziziensis* was performed, thus obtaining the crude alcoholic extract, in which the levels of flavonoids, total polyphenols and alkaloids were determined and submitted to evaluation of flavonoid detection by liquid chromatography. Afterwards, an experiment was conducted in the greenhouse of the soil biology laboratory of Unoeste (Campus II), to observe the influence of the extract on soybean (BRS388RR) and soil microbiology. The experiment was characterized by 5 treatments with 5 repetitions each, T1 - 0g, T2 - 5g, T3 - 1g, T4 - 1.5g and T5 - 2g per vase 1, totaling 25 experimental plots, the plants were conducted for 60 days. At the end, the plants were evaluated regarding the development of the plant (plant height, dry mass of the aerial part and root, number of pods per plant and leaf area index of soybeans), the nodulation of the roots and the nutritional state of the leaf were evaluated, and a spectral evaluation and total chlorophyll index was performed. From the spectral evaluation the following spectral indices were calculated for soybean, NDVI, PRI, MCARI and AOKI. The evaluation of soil microbial activity, was performed in two periods (15 and 60 days after sowing), the carbon and nitrogen of the microbial biomass, soil respiration, dehydrogenase enzyme activity and calculated the metabolic quotient was performed. Among the evaluations referring to the extract it was possible to observe the presence of flavonoids in larger quantities; the flavonoids Naringenin and Kaempferol were identified. The extract when applied to soy showed to stimulate the development of the plant generating increases in the height and dry mass of the aerial part, bigger weight of nodules, nodulation and reduction of the fresh mass root of the plants. The highest dosage stood out on foliar nitrogen. The *U. ruziziensis* extract provided increases in microbial biomass carbon at the highest dosage, as well as increases in respiration, metabolic quotient and dehydrogenase for higher dosage. The spectral signature in soybean showed that there was higher reflectance in the region near R530 and also in the near infrared region (NIR) in treatments with higher doses of extract applied to the soil. The NDVI index showed decreasing responses to increasing dosages and the other indices showed inverse responses, increasing linearly with increasing doses of extract. In the correlation of the spectral indices with the soybean aerial biomass it was verified that the NDVI presented negative correlation and the PRI stood out with positive correlation. It was concluded that the extract provided gains in the soybean development and nodulation, not verifying allelopathic effect and being observed alteration of the soybean spectral behavior in function of the extract dosage applied to the soil. The extract did not negatively impact the soil microbiology at the end of the experiment.

Keywords: Secondary metabolites; Crop rotation; Nodulation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Altura de plantas (cm) (A) e índice de área foliar (cm²) (B) de soja cultivada em solo com dosagens crescentes de extrato de *U. ruziziensis*..... 34
- Figura 2** - Avaliação de teor relativo de Clorofila (SPAD) (A) e número de vagens por planta⁻¹ (B) em soja cultivada em solos com doses crescentes de extrato de *U. ruziziensis*..... 35
- Figura 3** - Massa seca da parte aérea (g.planta⁻¹) (A) e massa seca radicular (g.planta⁻¹) (B) das plantas de soja cultivadas em solo com doses dosagens crescentes de extrato de *U. ruziziensis*..... 36
- Figura 4** - Nodulação das raízes de soja (A) e massa seca de nódulos (g.planta⁻¹) (B), em função da aplicação de extrato de *U. ruziziensis* no solo em dosagens crescentes..... 37
- Figura 5** - Carbono (mg.kg⁻¹de solo) (A) e nitrogênio (mg.kg⁻¹de solo) (B) da biomassa microbiana, em função da aplicação de extrato de *U. ruziziensis* no solo em dosagens crescentes. Avaliação aos 15 e 60 dias após a semeadura (DAS)..... 39
- Figura 6** - Respiração do solo (mg de CO₂/h) e quociente metabólico (mg de CO₂/Kg/h) em função da aplicação de extrato de *U. ruziziensis* no solo em dosagens crescentes. Avaliação aos 15 e 60 dias após a semeadura (DAS)..... 41
- Figura 7** - Atividade da enzima desidrogenase (ug de TTF/g de Solo) em solo após a aplicação de extrato de *U. ruziziensis*. Avaliação aos 15 e 60 dias após a semeadura (DAS)..... 42
- Figura 8** - Assinatura espectral da soja cultivada em solo após a aplicação de doses crescentes de extrato de *U. ruziziensis*. Controle= 0,0 g; T2= 0,5 g; T3= 1,0 g; T4= 1,5 g; T5=2,0 g.vaso⁻¹..... 43
- Figura 9** - Avaliação dos índices espectrais na soja em função dosagens de extrato de *U. ruziziensis*..... 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição dos índices utilizados na avaliação espectral na planta.....	32
Tabela 2 -	Quantificação dos teores de flavonóides, polifenóis e alcalóides totais presentes no extrato de <i>U.ruziziensis</i>	33
Tabela 3 -	Emergência das sementes de soja cultivadas em solo com doses crescentes do extrato de <i>U.ruziziensis</i>	33
Tabela 4 -	Estado nutricional da soja em função do cultivo em solo que recebeu doses crescentes de extrato de <i>U. ruziziensis</i>	38
Tabela 5 -	Correlação de Pearson entre os índices espectrais foliares e a produção de massa seca na soja.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVO.....	13
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1	Cultura da soja.....	14
3.2	Importância do gênero <i>Urochloa</i> para agricultura.....	15
3.3	Efeitos dos compostos químicos de <i>Urochloa</i> no crescimento de plantas.....	17
3.4	Compostos secundários de <i>Urochloa</i> com ação de promoção de nodulação em plantas.....	19
3.5	Uso do sensoriamento remoto para detecção de mudanças fisiológicas na planta.....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1	Extração de compostos do metabolismo secundário de <i>U. ruziziensis</i>.....	22
4.2	Caracterização e determinação dos teores de compostos químicos.....	23
4.2.1	Análise de polifenóis totais.....	23
4.2.2	Análise de flavonóides totais.....	23
4.2.3	Análise de alcalóides totais.....	24
4.2.4	Detecção de flavonóides por cromatografia líquida.....	24
4.3	Experimento com plantas.....	25
4.4	Avaliações efetuadas.....	26
4.4.1	Análise da biomassa microbiana do solo – BMS.....	27
4.4.2	Análise de respiração do solo.....	29
4.4.3	Atividade da enzima desidrogenase.....	30
4.4.4	Quociente metabólico.....	30
4.4.5	Avaliações na soja.....	30
4.4.6	Avaliação espectral na soja.....	31
4.5	Análises estatísticas.....	32
5	RESULTADOS	33
6	DISCUSSÃO.....	45
7	CONCLUSÕES.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui 38,502 milhões de hectares em cultivo de soja, sendo a principal commodity do país, a produção brasileira na safra 2020/2021 foi de 135,409 milhões de toneladas, maior produtor mundial de grãos (CONAB, 2021). A busca por altas produtividades exige a adequação de manejos, para que a interação entre o ambiente possibilite desenvolvimento pleno. O uso de sistemas de integração propicia benefícios ao ambiente de cultivo, proporcionando maior sustentabilidade ao sistema e conjuntamente representando maior rendimento das culturas.

O gênero *Urochloa* se destaca com grande participação em sistemas de produção agrícola. O capim *Urochloa* tem papel fundamental no desenvolvimento da pecuária no Brasil, já que 50% da área de pastagens plantadas são cultivadas com espécies do gênero (FIGUEIREDO; SOARES, 2012), sendo mais evidente em regiões menos propícias ao cultivo de grãos. Este gênero apresenta uma ampla adaptabilidade, o que a torna versátil. Dentre as características destacam-se a boa tolerância aos estresses bióticos e abióticos, trazendo diversos benefícios tanto para o produtor bem como ao sistema de cultivo agrícola (TORRES *et al.*, 2015). A adoção de manejos para as espécies de *Urochloa* voltadas à formação de cobertura do solo se torna estritamente necessárias buscando adequar às práticas agrícolas em conjunto ao seu cultivo. No caso das pastagens com *Urochloa* além da cobertura do solo, a constituição química da planta pode influenciar na fauna e flora do ambiente de cultivo (PAUL *et al.*, 2020).

Os compostos bioquímicos produzidos pelas plantas no metabolismo secundário, quando liberados no ambiente de cultivo podem exercer influência, tais como estímulos a germinação, nodulação e crescimento, em contraproposta também podem apresentar efeito tóxico ou alelopático (DEUBER, 2003). A alelopátia pode ser vista como uma estratégia de sobrevivência no ambiente, este efeito pode impactar negativamente outras espécies vegetais em sistemas de cultivo, deste modo, são necessários estudos para avaliar esse efeito residual em sistemas de integração agrícola. No caso do gênero *Urochloa* esse efeito, pode variar de acordo com cada espécie e o ambiente em que esta inserida, dificultando a determinação deste fenômeno (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, os compostos bioquímicos secundários podem exercer efeito sobre os demais organismos, tais como a biologia

do solo, fato este que pode alterar a dinâmica do solo, afetando o desenvolvimento das plantas.

A *U. ruziziensis* é frequentemente utilizada nos sistemas de integração, por terem grande formação de biomassa e fácil dessecação, produzem compostos bioquímicos que necessitam ser determinados seus efeitos. Apesar de relatos de benefícios do uso dessa espécie nos sistemas integrados com a soja ainda tem-se carência de informações sobre caracterização de compostos químicos presente nos resíduos dessa cultura como também se as presenças dos mesmos podem impactar de alguma forma o crescimento da soja. Esse estudo se justifica pela geração de resultados específicos de efeitos de compostos químicos de *U. ruziziensis* sobre atributos do solo e de crescimento das plantas.

2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar e avaliar o efeito de compostos bioquímicos de *Urochloa ruziziensis* adicionados ao solo no desenvolvimento da soja e na microbiologia do solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa do grupo das fabáceas com centro de origem no continente asiático. Apresentam grande diversidade de variedades, possuem sistema radicular fasciculado curto com capacidade de fixar nitrogênio ao solo. Os grãos são ricos em lipídeos (20%) e proteínas (40%), desta forma é frequentemente destinada à produção de óleo vegetal e ração animal, seta forma determinando seu valor comercial (RODRIGUES *et al.*, 2010). A produção mundial atual dessa cultura é de 342,947 milhões de toneladas, os principais países produtores são Brasil, Estados Unidos, Argentina e China (USDA, 2021). Representa grande importância sócio-econômica para o Brasil. O Brasil representa 50% do comércio mundial, sendo o maior produtor e exportador do grão (USDA, 2021), a cultura promove grande entrada de receita financeira a economia brasileira (FERREIRA *et al.*, 2007).

A cultura da soja apresenta grande importância para os sistemas de produção agrícola, pois sendo leguminosa pode conferir vários benefícios ao solo como a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Sendo frequentemente utilizada em sistemas de integração e rotação pela adaptabilidade ao sistema de plantio direto. É um dos componentes principais, agregando rentabilidade e benefícios ao ambiente agrícola (AL-KAISI *et al.*, 2016).

A fixação de nitrogênio atmosférico é promovida na soja pela associação simbiótica com as bactérias fixadoras *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhobium*, *Photorhizobium*, *Sinorhizobium* (TAIZ; ZIEGER, 2004). Diversas estirpes são comercializadas no Brasil a inoculação das bactérias fixadoras é uma prática imprescindível para a soja. A fixação além de suprimir boa parte da necessidade de nitrogênio exigida pela cultura promove acréscimos no aporte deste nutriente ao solo, proporcionando economia financeira aos produtores (DÖBEREINER, 1997).

O cultivo contínuo da soja em sistema de monocultura gera reduções em suas produtividades se comparados ao sistema de integração, desta forma não agregam sustentabilidade ao sistema (PEDERSEN; LAUER, 2004). He *et al.* (2011), constataram reduções na produtividade de 10 a 30% em cultivo de soja consecutivo por 3 anos.

A diversidade de culturas e manutenção de resíduos vegetais sobre o solo impulsionam o manejo dos nutrientes, o controle de pragas, plantas invasoras e a biologia do solo, promovendo a vitalidade do solo (PERALTA *et al.*, 2018). A soja nos sistemas de integração apresentam ganhos consideráveis de produtividade e trazem vantagens ao ambiente de cultivo. Em sistemas de rotação, o aumento da produtividade de soja pode ser de 8 a 20% em relação aos sistemas contínuos (PEDERSEN; LAUER, 2003; MARBURGER *et al.*, 2015).

Alguns compostos exsudados pelas raízes de soja contribuem com a microbiologia do solo. As isoflavonas representam um grande grupo de flavonoides que estão presentes em boa parte das raízes de leguminosas, desempenhando funções importantes na interação entre a soja e o ambiente, principalmente com microrganismos (SUKUMARAN *et al.*, 2018). As isoflavonas regulam as comunidades microbianas da rizosfera das raízes (WHITE *et al.*, 2017), influenciando no desenvolvimento e produtividade da soja (RASCOVAN *et al.*, 2017). Além disso, as isoflavonas exercem papel importante para a resistência das plantas ao ataque de patógenos. As glicolinas são um tipo de isoflavonas que possuem fitoalexinas antimicrobianas, contribuindo para inibir o ataque de patógenos e garantindo maior tolerância para as plantas de soja (WHITHAM *et al.*, 2016).

A microbiologia do solo representa uma parte importante para a manutenção e funcionamento dos ecossistemas do solo, os microrganismos são indicadores importantes quanto à saúde do solo. A rotação de culturas com uso da soja gera grandes alterações na comunidade microbiana do solo (LIU *et al.*, 2019). Conforme Li *et al.* (2010), constataram que a comunidade bacteriana da rizosfera das raízes mudaram drasticamente no cultivo de soja em rotação de culturas.

3.2 Importância do gênero *Urochloa* para agricultura

As espécies de *Urochloa* sp tem ocupação em todo território nacional, ao observar que grande parte da área cultivável no país é coberta por pastagens compostas por plantas deste gênero (RAO *et al.*, 1995). Apresentam características como alta flexibilidade, boa resistência a estresses e demanda hídrica baixa, a diversidade de cultivares facilita o posicionamento a cada região e a sua destinação. (RAGASSI *et al.*, 2013).

O gênero *Urochloa* quando incluído aos sistemas de integração, trazem diversos benefícios para o ambiente e para a cultura em sequência ao seu cultivo. Promovem acréscimos de matéria orgânica por meio do material vegetal deixado sobre a superfície do solo (TANAKA *et al.*, 2019). As plantas possuem o sistema radicular longo podendo alcançar grande volume de solo, contribuindo para a descompactação e a reciclagem de nutrientes, que seriam inutilizados por estarem em regiões profundas do solo (ROSOLEM *et al.*, 2017). Foi demonstrado que o sistema radicular da *Urochloa* pode influenciar na mobilidade e ciclagem dos nutrientes, desta forma possibilitando a redução de perdas (NUÑEZ *et al.*, 2018).

A grande produção matéria vegetal, e a grande concentração de nutrientes, permite que a palhada deixada sobre o solo promova acréscimos significativos nos nutrientes do solo. Em geral a matéria seca das espécies de *Urochloa* podem gerar acréscimos de 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, 130 kg.ha⁻¹ de potássio, 15 kg.h⁻¹ de fosforo, 40 kg.ha⁻¹ de cálcio e 25 kg.ha⁻¹ de magnésio (BAPTISTELLA *et al.*, 2020). A palhada proveniente das plantas de *Urochloa* promove proteção física ao solo ocasionando supressão de plantas invasoras, redução da temperatura, maior retenção e infiltração hídrica, menor potencial de lixiviação e erosão (RAGASSI *et al.*, 2013; FAVARIN *et al.*, 2018).

Durante o crescimento da planta as raízes liberam exsudados ao solo que podem interagir com minerais e microrganismos, estes compostos apresentam grande fonte de energia para os microrganismos da rizosfera desta forma, possibilitando a colonização de bactérias promotoras de crescimento (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A *Urochloa ruziziensis* é oriunda da África se desenvolve desde solos mais arenosos a argilosos, a planta possui forma ereta podendo chegar a altura de 1,3 metros com coloração verde amarelada, apresenta ciclo perene. As raízes podem atingir um metro e meio de profundidade contribuindo para reciclagem de nutrientes, possuem tolerância à baixa demanda hídrica, com crescimento rápido podendo atingir até 800kg/ha de matéria verde por semana (SCALEA, 2004). Neste contexto pode ser considerada uma das espécies de maior importância na prática agrícola, apresentando boa formação de palhada e facilidade em sua dessecação, sua aplicação nos sistemas de cultivo passa a ser facilitada, trazendo benefícios ao sistema (MACHADO; ASSIS, 2010).

3.3 Efeitos dos compostos químicos de *Urochloa* no crescimento de plantas

No sistema de semeadura direta as sementes são inseridas nas palhadas oriundas de outras culturas, neste contexto a *Urochloa* apresenta boas características adaptando-se bem para este sistema de cultivo agrícola. Tem se buscado demonstrar a interferência das plantas do gênero *Urochloa* em outras culturas, a partir de compostos secundários emitidos no ambiente proveniente da decomposição dos resíduos deixados sobre o solo (TAIZ; ZEIGER, 2010). Favaretto *et al.* (2018) comprovaram que as plantas do gênero *Urochloa* produzem compostos secundários que podem exercer interferência nas demais plantas.

Nas espécies vegetais alguns compostos possuem a função de defesa a estresses bióticos como o caso dos isoprenóides de ordem superior (não volátil), que fazem parte do grupo dos terpenos e podem gerar uma resposta sistêmica como a produção do ácido abscísico, e ação direta como antioxidantes do grupo carotenoides (PULIDO *et al.*, 2012). Os grupos de isoprenóides voláteis desempenham respostas importantes em plantas que passam por estresses abióticos tal como estresse hídrico (RAHNAMAIETAJADOD *et al.*, 2019).

No caso específico do gênero *Urochloa* são encontrados compostos fenólicos, como a cumáricas e o ácido cumárico sendo considerados como compostos fenólicos simples. Também encontrados nas plantas os flavonóides, antocianinas e taninos são exemplos de compostos fenólicos complexos (TAIZ; ZEIGER, 2009). Estes grande grupo desempenha papéis vitais quanto à resistência das plantas aos estresses bióticos e abióticos. Também sendo importantes para a polinização e disseminação de sementes por contribuírem na coloração dos tecidos de flores, frutos e sementes (CHEYNIER *et al.*, 2013).

Os fenóis podem afetar também as propriedades fisicoquímicas dos flavonóides tais como de flavonas e isoflavonas, sendo compostos importantes para a nodulação da soja (ZHAO, 2015). Estes compostos podem apresentar interação com as demais plantas quando liberados no ambiente, podendo exercer interferência positivas e negativas em seu desenvolvimento. No caso da interferência negativa tem sido descritas como efeitos alelopáticos. Segundo Soares (2000), a alelopátia ocorre a partir de substâncias aleloquímicas provenientes do metabolismo secundário das plantas, que quando no ambiente podem ocasionar

interferência na germinação bem como no desenvolvimento das demais plantas presentes no local.

As substâncias responsáveis pelo efeito alelopático, são representadas por diversos grupos de compostos secundários, apresentando grande variabilidade. Tem-se desenvolvido diversos processos para buscar o isolamento e identificação dos compostos para buscar maior conhecimento deste efeito (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Conforme observado por Rodrigues *et al.* (2012), o extrato aquoso de *U. brizantha* e *U. decumbens*, apresentaram efeito alelopático sobre as sementes de algumas estilósantes (*Stylosanthes guianensis*, *S. macrocephala* e *S. capitata*.) dependendo das espécies, demonstrando especificidade. Fagioli *et al.* (2000) observaram efeito alelopático a partir do extrato aquoso de duas espécies de *Urochloa* sobre guandu. Constataram-se efeitos inibitórios sobre as raízes primárias das plântulas, afetando o comprimento e a massa seca das raízes, havendo diferença na maioria dos tratamentos em relação à testemunha. Segundo estudo feito por Veronka *et al.* (2012), observaram ocorrência de efeito alelopático negativo crescente da *Urochloa decumbens* na germinação e vigor das sementes de *U. brizantha* (Piatã, Marandu e Xaraés), conforme aumento das concentrações.

Souza *et al.* (2006), constataram que espécie de gramínea *Urochloa decumbens* possui atividade alelopática inibitória sobre crescimento de sete culturas diferentes. Estes resultados foram constatados a partir da incorporação no solo da parte aérea seca e triturada de *U. decumbens*, realizando o cultivo das culturas e observando seu desenvolvimento. Na *Urochloa* já foram identificados e isolados os compostos (6R, 9R) -3-Oxo- α -ionol, (6R, 9S) -3-oxo- α -ionol, 4-cetopinoresinol na *U. brizantha* (KOBAYASHI; KATO-NOGUCHI, 2015) e o ácido p-cumárico na *U. humidicola* (SOUZA FILHO *et al.*, 2005). Brum *et al.* (2004) também observaram a presença de saponinas em *U. decumbens* e *brizantha* ao longo de seus ciclos de desenvolvimento. Estes compostos se mostraram promissores quanto ao efeito alelopático.

3.4 Compostos secundários de *Urochloa* com ação de promoção de nodulação em plantas

No processo de nodulação das leguminosas, são envolvidos uma série de processos de sinalização química para estabelecer a relação entre os microrganismos (Rizóbio) e a rizosfera do sistema radicular, formando comunidades ativas (SUGIYAMA *et al.*, 2017). Maiores nodulações conseqüentemente ocasionam acréscimos no desenvolvimento da planta promovido pelo maior aporte de nitrogênio (PERRET; STAEHELIN; BROUGHTON, 2000).

Na composição do solo, diversos metabólitos secundários estão presentes através da liberação pelas raízes, estas substâncias como ácidos orgânicos, aminoácidos e açúcares são atrativas as bactérias fixadoras (BRADY; VIVANCA, 2009). A relação entre as bactérias fixadoras de N e a planta ocorre a partir da sinalização química, onde a bactéria reconhece compostos orgânicos de baixo peso molecular, desencadeando a expressão do gene das bactérias responsáveis pela nodulação (SINGLA; GARG, 2017).

Dentre os compostos secundários encontrados na *Urochloa*, os flavonóides são compostos importantes para a nodulação. Os flavonóides representam um grande grupo de compostos sendo moléculas de baixo peso molecular, exercendo diversas atividades nas plantas como proteção a incidência UV, regulação e transporte de auxina (AGATI *et al.*, 2012).

Quando presentes no ambiente estimulam a interação simbiótica entre o sistema radicular e as bactérias fixadoras, devido à sinapse destas bactérias por este metabólito quando exsudado pelas raízes. As bactérias recebem o sinal químico oriundo dos flavonóides, desencadeando uma serie de fatores de nodulação (NOD), que ocasionam mudanças químicas e físicas no hospedeiro, e permitindo a infecção das raízes e formação das colônias (nódulos) (LIU; MURRAY, 2016).

Ahmad *et al.* (2021) realizaram a inclusão de genes na soja para mediar a produção de isoflavonas e constataram que nas raízes com maior produção destes compostos, maiores nodulações foram encontradas, induzindo a interação das plantas com as bactérias fixadoras. O grupo dos flavonóides são responsáveis por ativar a expressão de genes do rizóbio necessário para ser feito o processo de simbiose e nodulação, deste modo à nodulação pode passar a ser mais eficiente. (SINGLA; GARG, 2017).

3.5 Uso do sensoriamento remoto para detecção de mudanças fisiológicas na planta

O entendimento sobre a interação entre a vegetação e o meio que a cerca possui grande relevância para a compreensão dos fenômenos naturais, sendo o sensoriamento remoto, uma ferramenta precisa para o conhecimento da cobertura vegetal (LUCHIARI, 2001). Nesse contexto, a espectrorradiometria permite detectar a resposta espectral de alvos específicos, podendo ser realizada em laboratórios, permitindo assim, reduzir a intromissão dos fatores ambientais presentes nas leituras de outros sensores (SILVA *et al.*, 2012).

A explicação mais clássica e difundida de sensoriamento remoto foi proposta por Houghton (1989), comparando-o como a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio do estudo de dados resultantes de um sistema com ausência de contato físico. Essa inovação aborda a reação de objetos submetidos à radiação, sendo o solo e a vegetação os elementos mais examinados na área de ciências agrárias.

A determinação do conteúdo de pigmentos como clorofila, carotenoides e antocianinas presentes nas plantas (GITELSON; MERZLYAK, 2004) a partir de métodos não invasivos como o sensoriamento remoto, permitem detectar alterações no estado fisiológico e estresse da planta (GITELSON; MERZLYAK, 1997). As alterações na resposta espectral em regiões características da interação da radiação eletromagnética com pigmentos na planta podem ser indicativas de mudanças do meio ambiente, fase de senescência da planta, ocorrência de estresse inclusive quando causadas por doenças ou pragas (GITELSON; MERZLYAK, 1996). Caso a absorção da luz seja afetada pode ocorrer mudança no padrão da resposta espectral isso ocorre devido à alteração no funcionamento da planta e essas mudanças podem ser registradas por sensores remotos (EI-KATHIB *et al.*, 1993).

Dessa forma, vários estudos têm associado à informação obtida das propriedades espectrais da vegetação e técnicas de sensoriamento remoto para aplicações na sojicultura como na discriminação de variedades (GALVÃO *et al.*, 2009), produtividade (PRASAD; TAL., 2004; MILLER *et al.*, 2018), detecção de problemas fitossanitários na soja causadas por diferentes tipos de agentes patógenos como fungos (CUI *et al.*, 2009; HIKISHIMA *et al.*, 2010; Pires *et al.*, 2016), vírus (GAZALA *et al.*, 2013), deficiência de nutriente (DOBBELS ; LORENZ,

2019) e parasitas (NUTTER JR. *et al.*, 2002; ALVES; MACRAE; KOCH, 2015; BRIDA *et al.*, 2016; MORSTONS *et al.*, 2019). Para estes fins tem sido utilizados índices espectrais específicos que podem detectar estresses precoces nas plantas (GITELSON *et al.*, 2004).

Dados hiperespectrais obtidos por espectrorradiômetros com medidas em campo ou em laboratório também tem sido utilizado no diagnóstico de problemas fitossanitários em culturas agrícolas, cujas metodologias baseiam-se nas propriedades espectrais da planta para discriminar plantas em condições de estresse. A identificação da planta doente é importante no monitoramento das condições de fitossanidade da cultura e definição do manejo adequado para controle ou disseminação da doença (NUTTER JR. *et al.*, 2002; CUI *et al.*, 2009; HIKISHIMA *et al.*, 2010; GAZALA *et al.*, 2013; ALVES; MACRAE; KOCH, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos de 2020 e 2021 na casa de vegetação e laboratório de biologia do solo, da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente/SP.

4.1 Extração de compostos do metabolismo secundário de *U. ruzizensis*.

A espécie de *Urochloa* utilizada foi a *Urochloa ruzizensis*. A metodologia utilizada para produzir o extrato da *Urochloa* seguiu-se os seguintes procedimentos iniciados a partir da coleta das partes aéreas (folhas) da *Urochloa ruzizensis*. As coletas foram realizadas em junho de 2020, em área de cultivo localizada no campus II da Unoeste. As folhas foram armazenadas em sacos de papel kraft para serem secas em estufa de circulação de ar forçada a 60°C por 48h. Após estarem totalmente secas as folhas passaram por trituração (moídas), utilizando um moinho de facas do Tipo Willye, até a granulometria de 0,45 mm, tendo assim a formação de um pó fino que posteriormente foi armazenado em recipientes de vidro hermeticamente fechados e mantidos em temperatura de 24°C sem a presença de luz.

Para início do processo de extração adicionou-se etanol 99° ao pó resultante da moagem das plantas, cobrindo-se 4cm acima do volume do pó. Semanalmente foi realizada filtragem, utilizando filtro qualitativo, para evitar a passagem de partículas. Sempre após cada filtragem era feita a reposição do etanol 99° ao frasco cobrindo-se 4 cm do volume preenchido pelo pó. Esse procedimento foi realizado até exaustão, sendo indicado pela ausência de coloração após a filtragem, demonstrando que a maioria dos compostos foi extraída (PEIXOTO *et al.*, 2015).

Após a exaustão do processo extrativo, todo o solvente obtido (etanol) contendo o extrato foliar foi evaporado sob pressão reduzida no rotaevaporador (600 mm Hg) e temperatura do banho de 45°C. Após esse procedimento garantiu-se que não haveria mais a presença do etanol na solução, mantendo-se assim somente a presença dos compostos extraídos deste modo foi obtido o extrato etanólico da *Urochloa ruzizensis*, o rendimento do extrato etanólico para 2kg de material seco de *U. ruzizensis* foi de 80 gramas.

4.2 Caracterização e determinação dos teores de compostos químicos

Para quantificar os compostos químicos, o extrato foi submetido a análises que quantificam os valores de: compostos fenólicos, flavonóides e alcalóides presentes no extrato bruto de *U ruzizensis*.

4.2.1 Análise de polifenóis totais

Para determinação de polifenóis totais foi utilizado o método de Folin-Ciocalteu (STAGOS *et al.*, 2012). Foi utilizado no preparo das amostras 25 µL de extrato (1%) + 1275 µL de água destilada + 125 µL de folin. Após 3 minutos, adicionou-se 350 µL NaCO₃ + 750 µL de água, sendo feito uma amostra branca para exclusão da interferência dos reagentes nesta amostra adicionou-se todos os reagentes menos o extrato. Após as amostras descansarem por 1 hora e então se procedeu à leitura utilizando a absorvância de 765 nm. Para o cálculo dos valores de polifenóis presentes foi feita uma curva padrão utilizando uma solução de ácido gálico (1000 µg/mL) e diluída para 25, 50, 75, 100, 250 e 500 µg/mL. A análise foi realizada em triplicata, obtendo-se o resultado a partir da média. Os resultados foram expressos em concentração de polifenóis totais no extrato (µg/mL).

4.2.2 Análise de flavonóides totais

Para determinação de flavonóides totais foi utilizado o método de Yao *et al.* (2013). No preparo das amostras utilizou-se 0,100 mL de extrato (1%) + 0,400 mL de etanol 70% + 0,050 mL NaNO₂ (5%), sendo feito um branco contendo tudo menos o extrato. Após 6 minutos acrescentou-se 0,050 mL de AlCl₃ (10%) + 0,300 mL de NaOH (1 M) + 0,100 mL água após estes procedimentos as amostras ficaram reservadas 15 minutos em ambiente sem a presença de luz e posteriormente sendo feita leitura em espectrofotômetro com absorvância de 510 nm. Foi realizada uma solução de rutina 1000 µg/mL e diluída para 25, 50, 75, 100, 250 e 500 µg/mL para obtenção da curva padrão, os resultados foram expressos em µg/mL. A análise foi realizada em triplicata, obtendo-se o resultado a partir da média. Os resultados foram expressos em concentração de flavonóides totais no extrato (µg/mL).

4.2.3 Análise de alcalóides totais

Seguiu-se o método de Shamsa *et al.* (2008) com modificações para determinação de alcalóides. Utilizou-se solução o de verde de bromocresol (1×10^{-4}) sendo feita aquecendo 69,8 mg de verde de bromocresol com 3 mL de 2N NaOH e 5 mL água destilada até a obter a diluição completa, posteriormente a solução foi diluída em 1000 mL de água destilada. A solução de tampão de fosfato (pH 4,7) foi preparada ajustando o pH de fosfato de sódio 2 M (71,6 g de Na_2HPO_4 em 1 L de água destilada) a 4,7 com 0,2 M ácido cítrico (42,02 g de ácido cítrico em 1 L de água destilada).

Para a determinação do teor de alcalóides no extrato, foram pesados 0,02mg de cada amostra e diluídos em 10 mL de álcool etílico 99⁰. Com auxílio de funis de separação, foram acrescentados 3 mL de cada solução, na sequência 5 mL de solução BCG e 5 mL de tampão fosfato (pH 4,7). Essas misturas foram agitadas e as soluções extraídas com 1, 2, 3 e 4 mL de clorofórmio, as soluções foram coletadas em tubos de ensaio e medidas em espectrofotômetro a 470 nm e as análises realizadas em triplicata.

Para curva padrão foi utilizado uma solução de atropina (1mg diluída em 10 mL de água deslitada). A solução padrão de atropina foi transferida para funis de separação em diferentes quantidades (0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2 mL), em seguida, foi adicionado 5 mL de fosfato tampão (pH 4,7) e 5 ml de solução BCG, a mistura foi agitada e em cada balão foi adicionado 1, 2, 3 e 4 mL de clorofórmio, para cada acréscimo foi coletado a solução de cada funil separadamente. A absorbância do complexo em clorofórmio foi medida a 470 nm excluindo-se o branco preparado conforme os demais, porém sem atropina.

A partir da equação obtida na curva padrão foram então expressos os resultados em concentração de alcaloides totais no extrato ($\mu\text{g}/\text{mL}$).

4.2.4 Detecção de flavonóides por cromatografia líquida

Para a detecção dos flavonóides, 0,1 g do extrato de *U. ruzizensis* foram adicionados a 2 mL de metanol 100%, seguido de sonificação por 30 minutos. A amostra foi filtrada em filtro de náilon de 13 mm de diâmetro e tamanho de poro de 0,22 μm . A concentração de flavonóides foram analisadas por HPLC (LC – 20AT,

Shimadzu, Kyoto, Japão). A detecção da fase móvel consistiu em 0,1% (v/v) de ácido acético em água destilada filtrada (solvente A) e 0,1% (v/v) de ácido fórmico em metanol (solvente B), e o comprimento de onda de detecção foi de 270 nm. A análise dos flavonóides foi realizada com eluição em gradiente linear do solvente B, de 60 a 70% em 20 minutos. O volume de injeção utilizado foi de 20 µL.

O conteúdo dos flavonóides foi determinado usando uma calibração curva estabelecida usando sete diluições de cada padrão, em concentrações variando de 10 µg – 300 µg = mL. Cada concentração foi medida em triplicado. As áreas de pico de resposta foram plotadas contra a concentração de flavonóides injetados. A identificação do pico foi alcançada pela comparação de tanto o tempo de retenção quanto o espectro de absorvância de UV com aqueles obtidos com padrões individuais. As substâncias de referência utilizadas foram Daidzeína, Naringenina, Rutina, Kaempferol e Cumarina.

4.3 Experimento com plantas

Foi utilizado o cultivar de soja BRS388RR que apresenta alto potencial produtivo e estabilidade, com exigência para solos com alta fertilidade. Possui ciclo precoce e crescimento indeterminado, com abrangência do período de semeadura preferênci sendo final de setembro ao início de novembro. Grupo de maturidade relativa 6.4 e ciclo de 110 a 114 dias para a região do Oeste Paulista. Apresentando susceptibilidade aos nematoides das galhas (*Meloydogine incognita* e *M. javanica*) e nematoide de cisto (*Heterodera glycyces*).

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do laboratório de biologia do solo (campus II): utilizando vasos de 16 litros com 13 kg de solo, sendo mantidos em condições controladas, com reposição hídrica diária para manutenção da capacidade de campo. O solo utilizado foi originário de área de cultivo de soja no campus II da UNOESTE em P. Prudente, SP. Foi realizada previamente análise de fertilidade de solo de acordo com (RAIJ; QUAGGIO, 1983), apresentando os seguintes resultados: matéria orgânica, 17,5 g. dm⁻³; pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 5,9; P (resina), 67,1 mg dm⁻³; K, Ca e Mg trocáveis de 3,1, 37,5 e 17,8 mmol_c dm⁻³, respectivamente, acidez total em pH 7,0 (H + Al) de 33,1 mmol_c dm⁻³; soma de bases (SB) de 58,4 mmol_c dm⁻³; capacidade de troca de cátions total (CTC) de 91,5 mmol_c dm⁻³, saturação por bases de 63,8.

Considerando a quantidade máxima de produção de palhada da *U. ruziziensis* de 10Mg/ha⁻¹ (ALCÂNTRA *et al.*, 1992), o rendimento encontrado na obtenção do extrato etanólico de 40kg por tonelada de palhada seca e a superfície do solo no vaso de 0,05 m² definiu-se 5 tratamentos no experimento. Os mesmos representam as respectivas doses de extratos que poderiam ser extraídas da quantidade de palha seca de capim referentes a 2,5 Mg.ha⁻¹, 5,0 Mg.ha⁻¹, 7,5 Mg.ha⁻¹ e 10,0 Mg.ha⁻¹. Fundamentado nessa proposta foram estabelecidos os tratamentos com aplicação do extrato nos vasos na seguinte dosagem : T1- Controle (0g de extrato, apenas foi adicionado o solvente), T2- 0,5 g, T3- 1,0 g, T4- 1,5 g e T5- 2,0 g de extrato. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições totalizando 25 parcelas.

Para preparo do extrato a ser adicionado em cada tratamento o material foi diluído em uma solução padrão de DMSO (VASCONCELOS *et al.*, 2014) com concentração de 0,282 mol.L⁻¹ e volume final de 100mL. Foram realizadas 4 soluções padrões utilizando as seguintes quantidades de extrato de 5 g, 10 g, 15 g e 20 g. Para aplicação foram aplicados na superfície dos vasos 10 mL de cada solução padrão com as concentrações de: 0,05 g.mL⁻¹, 0,1 g.mL⁻¹, 0,15 g.mL⁻¹, 0,2 g.mL⁻¹ respectivamente.

No tratamento controle foi aplicado somente o solvente na quantidade equivalente a diluição, para exclusão de seu possível efeito. O experimento foi instalado em casa de vegetação em dezembro de 2020 aplicando-se inicialmente o extrato de *U. ruziziensis* na superfície solo e em seguida a semeadura com cinco sementes de soja por vaso. As sementes foram tratadas com inoculante comercial contendo *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) na dose de 2,0 g kg⁻¹ de sementes. Após sete dias foi realizado a avaliação de emergência e realizado o desbaste deixando-se uma planta por vaso. As plantas foram cultivadas durante 60 dias, com manutenção da capacidade de campo no solo.

4.4 Avaliações efetuadas

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 10 cm com auxílio de sonda, para a realização das análises de atividades microbianas no solo. As coletas foram aos 15 e 60 dias (final do experimento), no qual o solo foi deixado secar a temperatura ambiente por 24 horas, após este processo as amostras foram

passadas em peneira de 2,0 mm de malha, as amostras foram mantidas sob refrigeração até o término das análises.

4.4.1 Análise da biomassa microbiana do solo – BMS

A análise de biomassa microbiana do solo - BMS foi realizada em duplicata, utilizando a metodologia descrita por Ferreira, Camargo e Vidor (1999). As amostras de solo foram pesadas em erlenmeyer de 250 mL, 2 amostras de 50 g de cada parcela, foram umedecidas com 3 mL de água destilada para atingir aproximadamente 25% da capacidade de campo de um solo arenoso (REICHARDT, 1988), agitadas para uniformizar a distribuição da umidade e colocada 1 amostra de cada tratamento para irradiar no microondas por 70 segundos, tempo obtido pela fórmula:

$$T = r.m_t / P$$

Onde:

T= tempo real de exposição das amostras ao microondas.

R = 800J g⁻¹ de solo, quantidade de energia necessária para exposição;

m_t= Massa total das amostras a serem irradiadas em gramas;

P = Potência real do aparelho em W.

A potência real do aparelho foi calculada pela seguinte fórmula:

$$P = \frac{C_p \cdot K \cdot \Delta t \cdot m}{T}$$

T

Onde:

P = Potência real do aparelho em W;

C_p = 1 J ml⁻¹ °K⁻¹, capacidade da água de receber calor;

K = 4,184, fator de correção de cal m⁻¹ ° K⁻¹ para watts (J s⁻¹);

Δt = Variação de temperatura em °C de 1 L de água em 2 minutos de exposição;

$m = 1000g$, massa da água em gramas;

$t = 120s$, tempo de exposição da água ao microondas

As amostras irradiadas e não – irradiadas foram submetidas à extração com 50mL de Sulfato de Potássio - K_2SO_4 ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) por 30 minutos, em agitador rotatório circular. Deixados decantar e filtrados em papel filtro. Deste filtrado, 10 mL foram utilizados para a análise do carbono e 10 mL foram guardados em tubo rosca mantidos sob refrigeração para a análise do nitrogênio da biomassa microbiana.

A determinação do Carbono nos extratos irradiados e não irradiados foram feitas utilizando-se 10 mL do extrato, oriundo dos 50 mL após filtração, e adicionando-se em seguida 2 mL de $K_2Cr_2O_7$ ($0,066 \text{ mol L}^{-1}$), 10mL de H_2SO_4 concentrado e 5mL de H_3PO_4 concentrado. Após o resfriamento foi adicionado 50mL de água destilada.

A titulação foi feita utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal ($0,04 \text{ mol L}^{-1}$) com fenil-alanina como indicador.

O C extraído do solo foi calculado pela fórmula:

$$C \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{(V_b - V_a) \cdot N \cdot 1000 \cdot V_{\text{extrator}}}{(\text{volume do extrato} \times \text{massa do solo seco})}$$

Onde:

C = carbono extraído do solo;

V_b = Volume (mL) do $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ gasto na titulação do branco;

V_a = Volume (mL) do $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ gasto na titulação da amostra;

N = normalidade exata do $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$, $N = 0,677$;

V_{extrator} = Volume de K_2SO_4 utilizado na extração = 50mL;

V_{extrato} = Volume de K_2SO_4 utilizado para análise = 10mL;

Massa do solo seco em gramas = 50g

O C_{mic} é calculado pela fórmula:

$$C_{mic} \text{ (mg Kg}^{-1}\text{)} = \frac{C_I - C_{NI}}{K_{ec}}$$

Onde:

C_I = carbono extraído do solo irradiado

C_{NI} = carbono extraído do solo não irradiado

K_{ec} = proporção total do carbono microbiano extraído após irradiação = 0,21 (FRIGHETTO, 2000). O fator de correção K_{ec} citados na literatura são muito variáveis (0,21 a 0,45), não havendo um consenso a respeito do valor a ser utilizado. Neste trabalho adotou-se o valor de 0,21 (FRIGHETTO, 2000).

Para a determinação do nitrogênio da biomassa microbiana, utilizou-se os mesmos extratos obtidos na extração para o carbono. Os mesmos foram processados com uso do protocolo com ninhidrina (JOERGENSEN; BROOKES, 1990). Obteve-se 0,6 mL do extrato, que foi adicionando a 1,4 mL de ácido cítrico ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e 1 mL do reagente ninhidrina, as amostras foram levadas ao banho-maria a 100°C por 20 minutos. A solução é deixada para ficar em temperatura ambiente e adicionado 4 mL de etanol, procedendo a realização da leitura no espectrofotômetro a 570 nm de comprimento de onda.

Os resultados de biomassa de carbono e nitrogênio microbiano no solo foram expressos em mg por Kg de solo.

4.4.2 Análise de respiração do solo

A respiração do solo foi avaliada segundo Alef e Nanipieri (1995). Foram utilizadas amostras de 50g de solo. Estas foram homogeneizadas e mantidas dentro de frascos herméticos. Sobre a superfície do solo, em cada frasco colocou um becker de 50 ml contendo 40 mL de solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$. Os frascos ficaram incubados pelo período de 24 horas. Para avaliar a retenção de CO_2 na solução, utilizou o método condutimétrico (RODELLA; SABOYA, 1999) com leitura de condutividade na solução de NaOH após 24 horas, empregando-se um

condutivímetro HI99301 (Hanna instruments). A quantidade de CO₂ produzida pela respiração foi calculada utilizando-se fórmula definida por Rodella e Saboya (1999) e os resultados foram expressos em mg de C-CO₂ g⁻¹ h⁻¹.

4.4.3 Atividade da enzima desidrogenase

A atividade da enzima desidrogenase foi estimada segundo Van Os e Ginkel (2001), foram pesadas 5g de solo de cada amostra, e estas foram colocadas em tubos de ensaio. Posteriormente, adicionou 2 mL da solução T.T.C a 1%, juntamente com 1mL de glicose a 0,1%. Na amostra “branco” foram adicionadas 1 mL de glicose a 0,1% e 2 mL de solução tampão tris a 0,1M (pH= 7,6). As amostras foram misturadas em agitador tipo VORTEX e incubadas em tubo de ensaio a 30 °C, por 18h. Após a incubação, adicionou-se 9 mL de metanol em todas as amostras, e logo em seguida, foram filtradas para a realização da leitura no espectrofotômetro em 530nm. Os resultados foram expressos em ug de TTF por g de solo.

4.4.4 Quociente metabólico

O quociente metabólico foi calculado a partir da razão entre o C-CO₂ liberado pela respiração do solo pelo carbono da biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993). Os resultados foram expressos em: mg de CO₂/Kg/h.

4.4.5 Avaliações na soja

Para as condições do experimento, aos 60 dias após a semeadura soja foi retirada no estágio fenológico R5.3 de desenvolvimento, sendo realizadas as seguintes avaliações:

- altura de plantas (cm): Para determinação da altura das plantas foi realizada a medição do comprimento do primeiro nó ate a ultima inserção foliar, utilizando-se uma régua métrica.

- Massa seca da parte aérea (g.planta⁻¹): A massa seca das plantas foram obtidas a partir da coleta da parte aérea da soja considerando o primeiro entrenó ate a ultima inserção foliar, colocando-as em sacos de papel kraft e posteriormente

sendo levadas em estufa de circulação de ar forçada a 60°C por 48 horas, em seguida realizando-se a pesagem em balança analítica.

- Massa seca radicular ($g.planta^{-1}$): A massa das raízes foi efetivada retirando as raízes ao final do experimento e realizando a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 48 horas e em seguida sendo realizada a pesagem em balança analítica.

- Índice de área foliar (cm^2): A determinação do índice foi realizada ao final do experimento com auxílio do medidor de área foliar LI-3000A no qual foram retiradas todas as folhas das plantas para assim obter o valor total de área foliar.

- Número de vagens por planta e nodulação: Ao final do experimento foi realizada a contagem do número de vagens por planta e quantificado o número de nódulos presentes por raiz.

- Teor relativo de clorofila total (SPAD): O teor de clorofila foi determinado aos 30 dias após a semeadura, a leitura foi realizada com aparelho clorofilog CFL1030, sendo realizada no terço médio das plantas.

- Nutrição foliar ($g.kg^{-1}$): Ao final do experimento as folhas foram coletadas e enviadas ao laboratório de tecidos vegetais da Unoeste, para análise dos teores de macronutrientes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

4.4.6 Avaliação espectral na soja

Os espectros das plantas de soja foram coletados seguindo protocolo padrão de medição utilizando um espectrorradiômetro. O modelo de espectrorradiômetro utilizado foi o CI 710 Miniature Leaf Spectrometer que coleta espectros no intervalo espectral de 400 nm a 950 nm, com resolução óptica entre 0,3 a 10 nm FWHM (Full width at half maximum) (Bioscience, 2020). Ligada por cabos que por sua vez, conecta-se a um microcomputador portátil do tipo “laptop”, onde as medidas são armazenadas.

Para a calibração do espectrorradiômetro foi utilizada uma placa cinza Spectralon®. Em ambiente de laboratório foi realizada a medição da placa cinza Spectralon e a placa de laboratório Spectralon. A partir da razão dessas medidas foi obtido um fator de calibração aplicado nas medições radiométricas das amostras de soja. Em cada amostra de planta de soja foram adquiridas três medições espectrais com o espectrorradiômetro, as medidas foram tomadas entre 8:00 e 9:00 horas, em

condições de céu aberto e a partir dessas medidas foram obtido a estimativa do Fator de Reflectância bicônico (FRCC).

Aos 40 dias após a semeadura foi realizada a avaliação espectral de refletâncias das folhas. Os espectros obtidos foram processados em computador, utilizando-se o programa Excel e calculou os valores do fator de reflectância de 400 a 900 nm. Esses valores foram utilizados para o cálculo dos Índices espectrais descritos na Tabela 1 relacionados com alterações fisiológicas na planta (BAJWA; RUPE; MASON, 2017).

Tabela 1. Descrição dos índices utilizados na avaliação espectral na planta.

Índice	Descrição	Formulação
PRI	Índice de reflectancia fotoquímico	$(R570-R531)/R570+R531$
MCARI	Índice de absorção da clorofila	$[(R700-R670)-0.2(R700-R550)]x(R700/R670)$
NDVI	Índice diferencial vegetativo normalizado	$R810-R690/R810 + R690$
AOKI	Índice de clorofila total	$R550/R800$

4.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à correlação de Pearson, análise de regressão e variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% e 1% de probabilidade, por meio de programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

5 RESULTADOS

O extrato de *Urochloa ruziziensis* apresentou maior concentração de flavonóides em relação às quantidades de polifenóis totais e alcalóides, (Tabela 2). Pela análise de cromatografia líquida os padrões detectados correspondem aos flavonóides Naringenina e Kaempferol, presentes no extrato, sendo encontrados outros picos de flavonoides desconhecidos, ou seja, não correspondiam aos padrões utilizados.

Tabela 2. Quantificação dos teores de flavonóides, polifenóis e alcalóides totais presentes no extrato de *U.ruziziensis*.

Amostra	Polifenóis ($\mu\text{g.mL}^{-1}$)	Flavonóides ($\mu\text{g.mL}^{-1}$)	Alcalóides ($\mu\text{g.mL}^{-1}$)
<i>U. ruziziensis</i>	33,0	812,5	23,3

A emergência das plântulas de soja cultivadas em solo que recebeu as doses do extrato de *U. ruziziensis* não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). Pode ser enfatizado a emergência de 100% na maior dose de extrato aplicado no solo.

Tabela 3. Emergência das sementes de soja cultivadas em solo com doses crescentes do extrato de *U.ruziziensis*.

Tratamentos	Emergência (%)
0,0 g	96
0,5 g	76
1,0 g	84
1,5 g	92
2,0 g	100

A adição de doses crescentes dos extratos de *Urochloa ruziziensis* proporcionaram aumentos com ajuste linear para altura das plantas (Figura 1A) e área foliar da soja (Figura 1B), apresentando valores máximos na dosagem de 2g. vaso⁻¹ de extrato, ou seja no tratamento com maior dose do extrato.

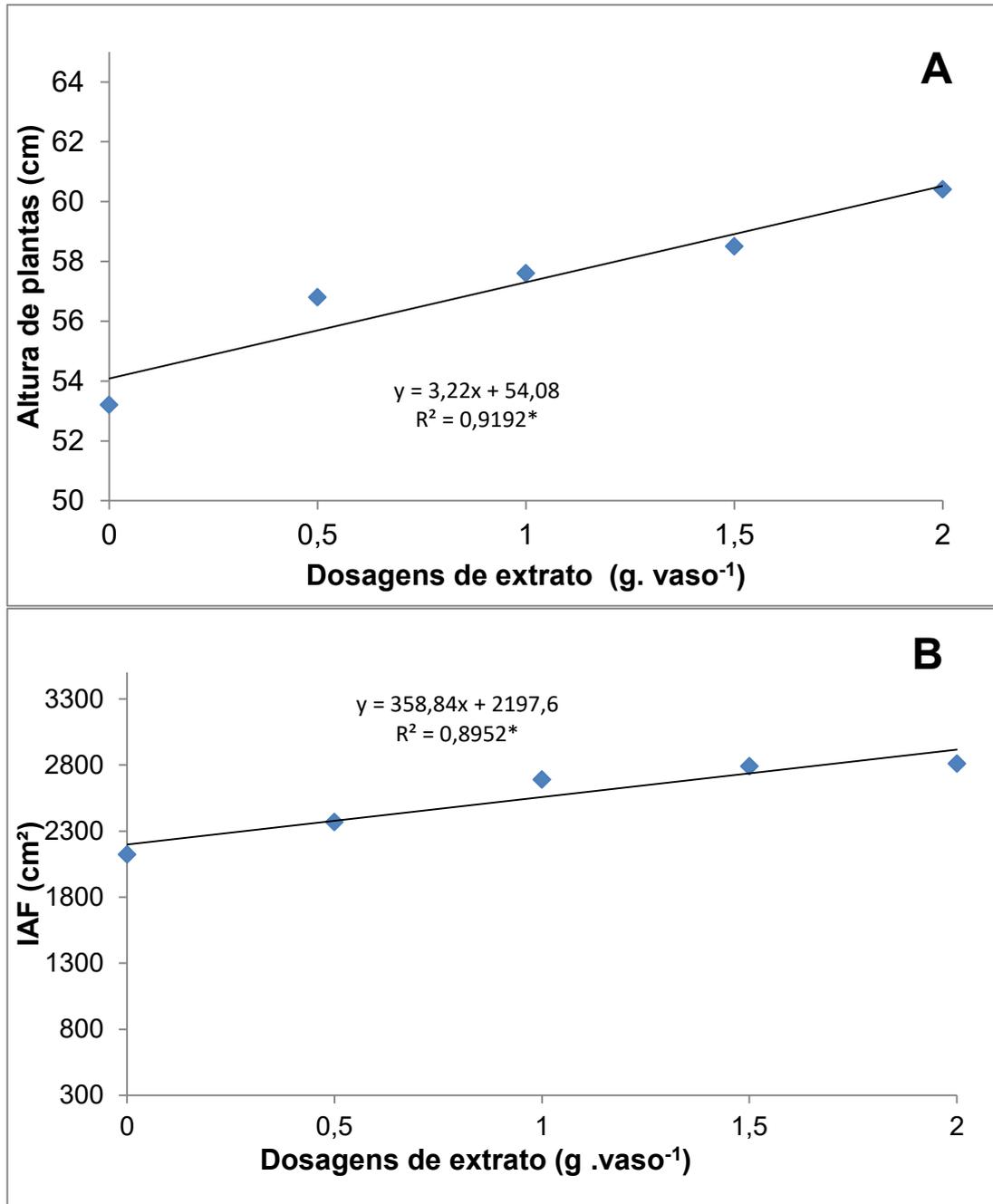


Figura 1. Altura de plantas (cm) (A) e área foliar (cm²) (B) de soja cultivada em solo com dosagens crescentes de extrato de *U. ruziziensis*.

Os valores de teor relativo de clorofila (Figura 2A) decresceram linearmente conforme se aumentaram as doses do extrato de *Urochloa*. Por outro lado, o número de vagens por planta ajustou-se de forma quadrática ao aumento das doses de extrato de *U. ruziziensis* com ponto máximo da curva situando-se próximo a 1,5 g. vaso⁻¹ (Figura 2B).

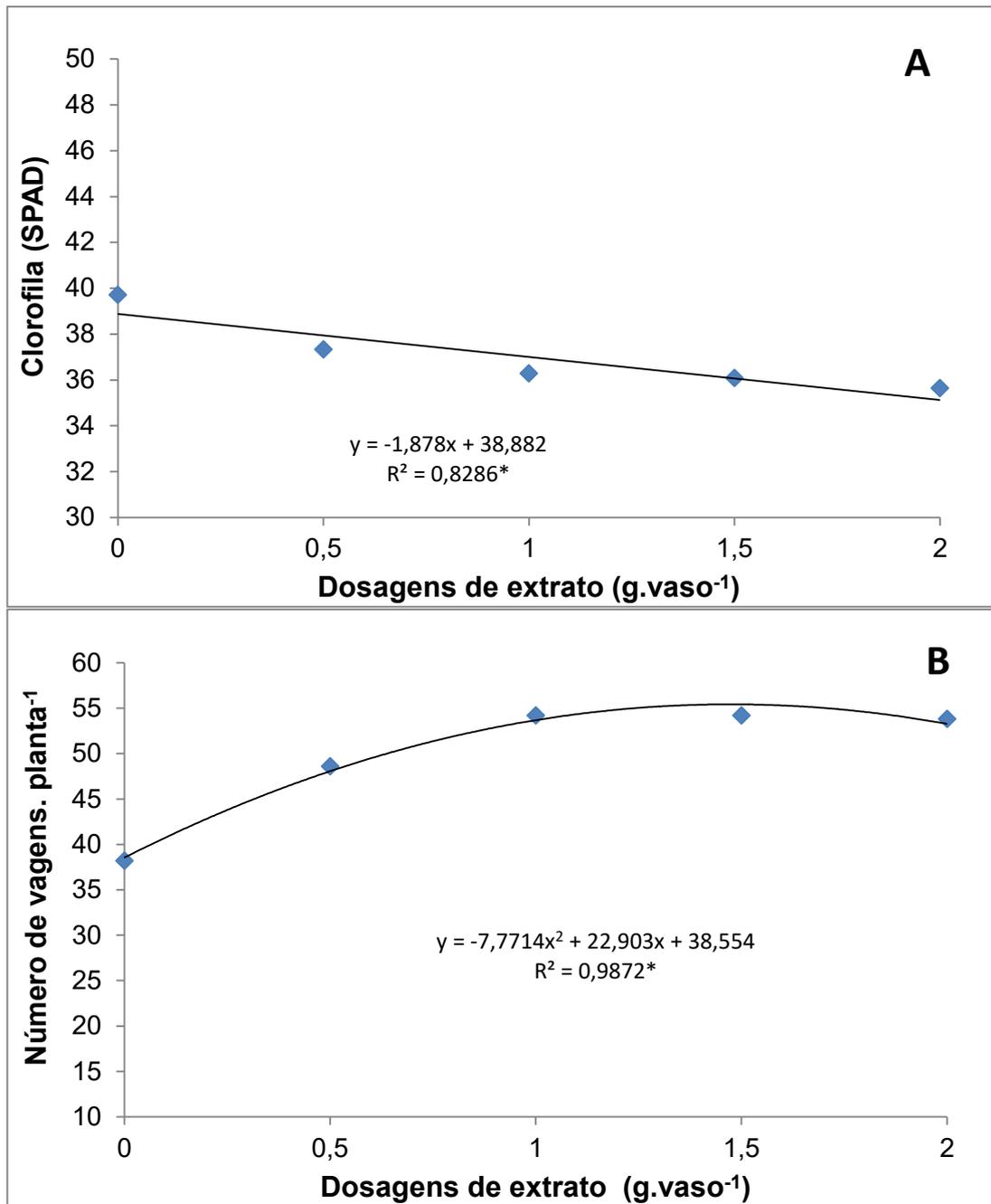


Figura 2. Avaliação de teor relativo de Clorofila (SPAD) (A) e número de vagens por planta⁻¹ (B) em soja cultivada em solos com doses crescentes de extrato de *U. ruziziensis*.

De acordo com o modelo de regressão aplicado verifica-se que o extrato de *U. ruziziensis* proporcionou ganhos no crescimento da parte aérea da soja com ajuste linear crescente na massa seca das plantas (Figura 3A). Em contrapartida a massa seca radicular apresentou resposta linear decrescente conforme aumento das doses de extrato (Figura 3B).

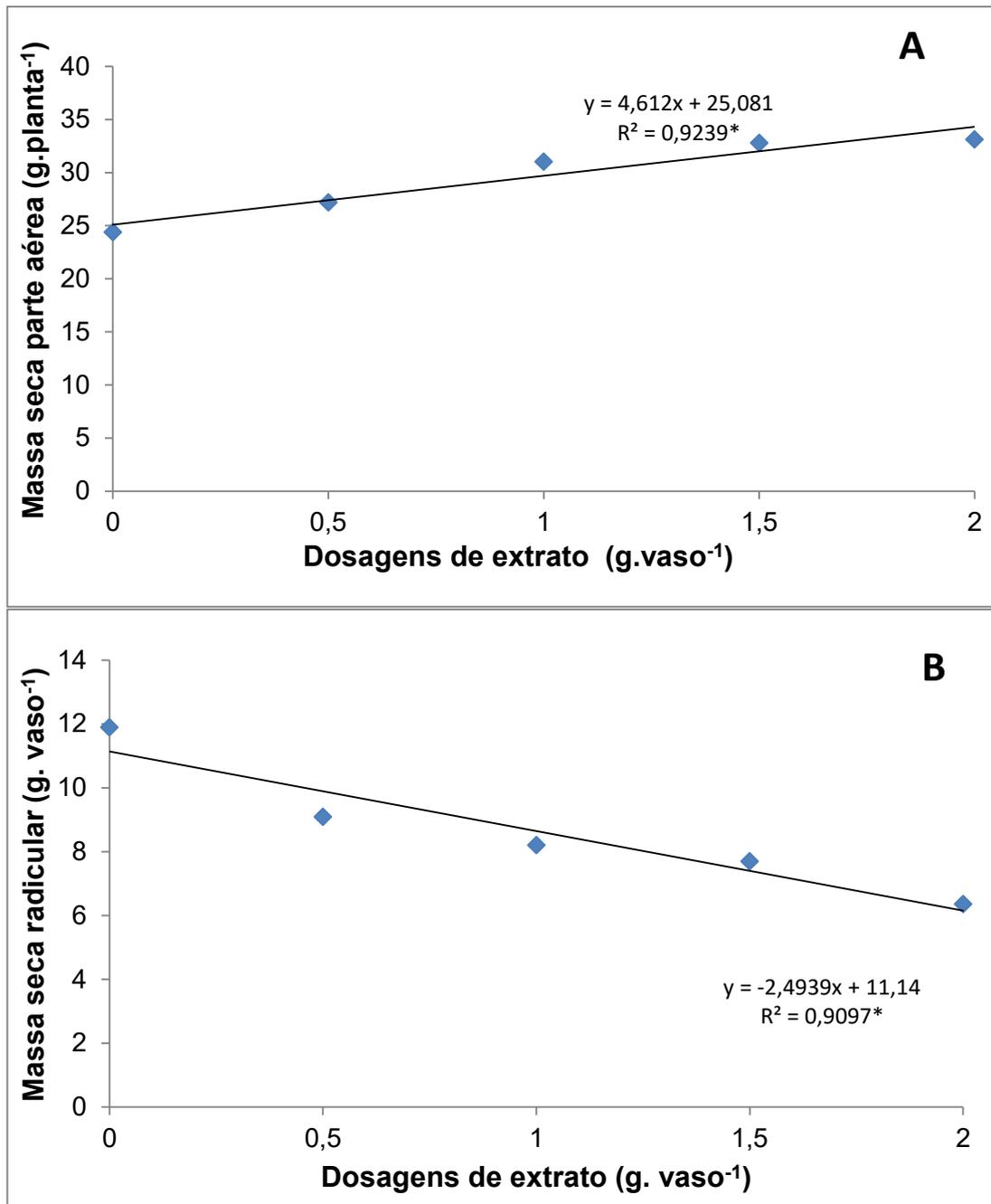


Figura 3. Massa seca da parte aérea (g.planta⁻¹) (A) e massa seca radicular (g.planta⁻¹) (B) das plantas de soja cultivadas em solo com dosagens crescentes de extrato de *U. ruziziensis*.

Na avaliação de nodulação das raízes de soja cultivadas em solo que recebeu o extrato bruto de *U. ruziziensis*, observou-se aumento na nodulação das raízes com resposta linear crescente, significativa, ao aumento das doses aplicadas (Figura 4A). Sendo constatada a mesma resposta para a variável de massa seca de nódulos (Figura 4B).

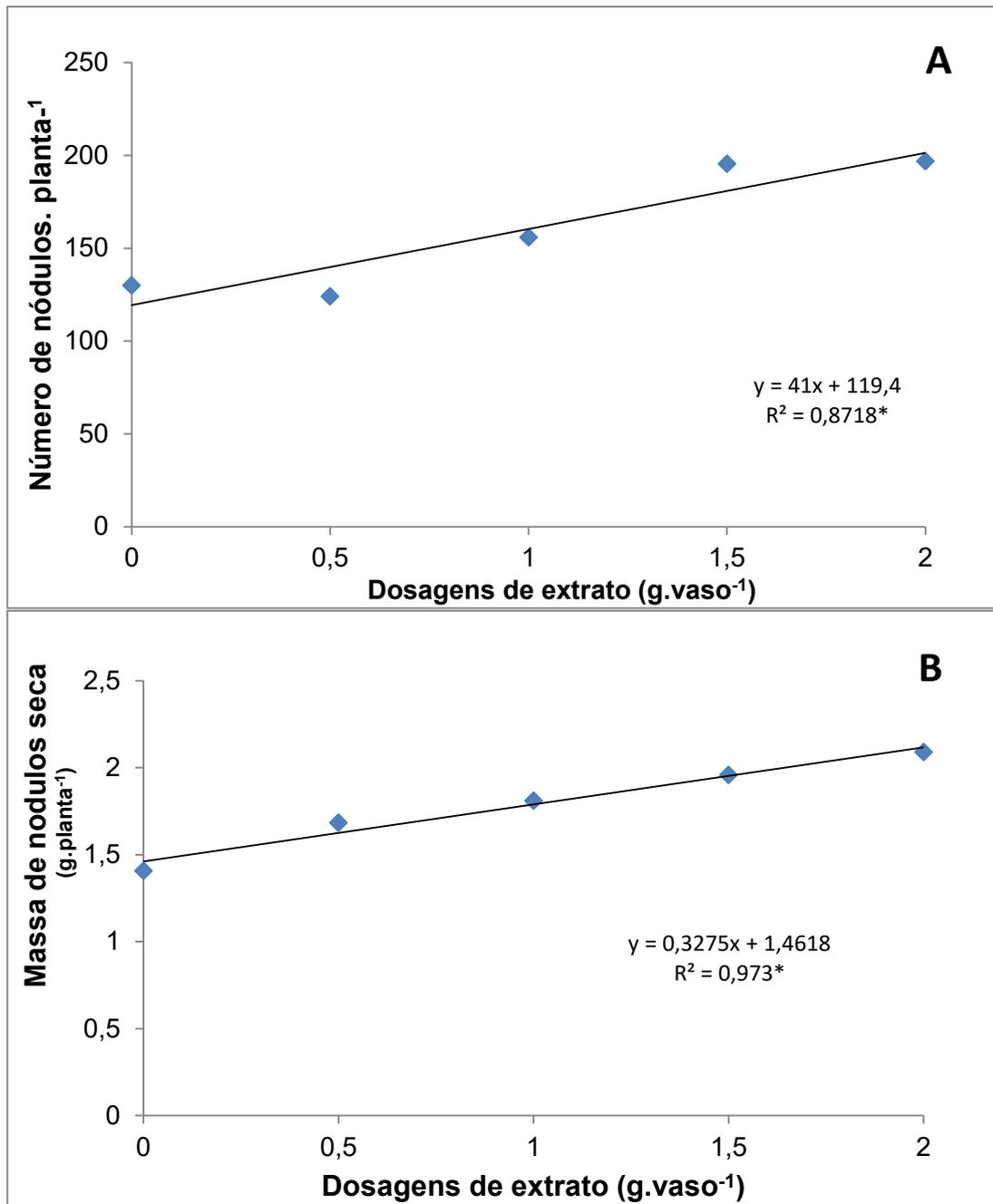


Figura 4. Nodulação das raízes de soja (A) e massa seca de nódulos (g.planta⁻¹) (B), em função da aplicação de extrato de *U. ruziziensis* no solo em dosagens crescentes.

No tocante à composição nutrição foliar das plantas submetidas ao extrato de *U. ruziziensis*, constatou-se maior teor de nitrogênio para a dosagem mais elevada de extrato, enquanto para o fósforo o tratamento controle apresentou maior valor (Tabela 4). O teor de potássio não apresentou diferenças significativas para as dosagens de extrato.

Tabela 4: Estado nutricional da soja em função do cultivo em solo que recebeu doses crescentes de extrato de *U. ruzizensis*.

Tratamentos	Nitrogênio (g.kg ⁻¹)	Fósforo (g.kg ⁻¹)	Potássio (g.kg ⁻¹)
Controle	36,8 b	3,71 a	10,2 a
0,5 g	42,3 ab	3,14 b	12,1 a
1,0 g	42,5 ab	3,10 b	12,7 a
1,5 g	41,6 ab	3,08 b	9,78 a
2,0 g	46,8 a	3,48 ab	10,2 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, dentro de cada fator, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

A biomassa microbiana do solo verificou-se que, de forma geral a avaliação realizada aos 60 dias obteve valores maiores de carbono da biomassa microbiana do que a realizada aos 15 dias, mostrando ganhos nesse atributo com o cultivo da soja (Figura 5A). A adição do extrato de *U. ruzizensis* aos 15 dias após a semeadura (DAS), alterou os valores do carbono da biomassa microbiana (A) com ajuste quadrática, com decréscimo dos valores para os tratamentos iniciais e aumentando para as maiores dosagens, com ponto de máximo da curva próximo a dose de 1,5 g. vaso⁻¹.

Para o nitrogênio da biomassa microbiana não se encontrou ajuste significativo apesar da predominância de maiores valores na avaliação realizada aos 60 dias (Figura 5B).

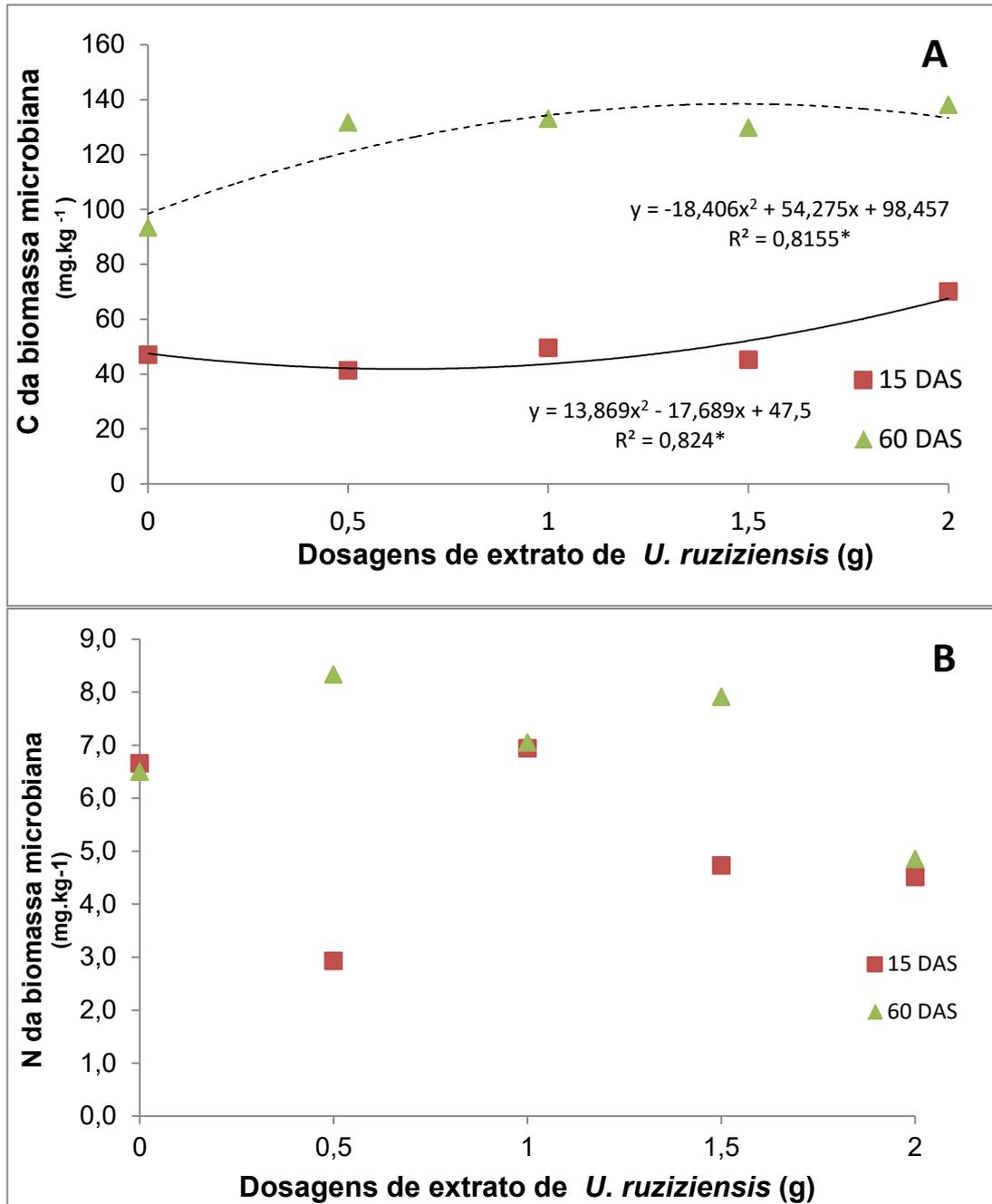


Figura 5. Carbono (mg.kg⁻¹de solo) (A) e nitrogênio (mg.kg⁻¹de solo) (B) da biomassa microbiana, em função da aplicação de extrato de *U. ruziziensis* no solo em dosagens crescentes. Avaliação aos 15 e 60 dias após a semeadura (DAS).

A respiração basal do solo também foi maior na avaliação realizada aos 60 dias em comparação aos 15 dias (Figura 6A). O aumento da dose de extrato de *U. ruziziensis*, aplicado ao solo, aumentou de forma linear a respiração do solo na avaliação aos 60 dias e com ajuste quadrático na avaliação efetuada aos 15 dias. Contudo, o aumento da respiração do solo, aos 60 dias não refletiu no aumento do

quociente metabólico do solo (qCO_2), o que pode demonstrar que a respiração estava proporcional ao aumento do C na biomassa microbiana do solo (Figura 6B). Porém, verificou-se que aos 15 dias ocorreu aumento do qCO_2 com ajuste quadrático ao aumento das doses de extrato que pode representar que a presença do extrato no solo pode ter causado um distúrbio metabólico na fase inicial do estudo, que pode estar relacionado a degradação dos compostos orgânicos adicionados ao solo.

A avaliação da atividade da enzima desidrogenase aos 15 e 60 DAS demonstraram aumento linear crescente, que se ajustou com o aumento das doses do extrato de *U. ruzizensis* (Figura 7). Os valores encontrados na atividade enzimática na avaliação final foram superiores ao período inicial (15 dias).

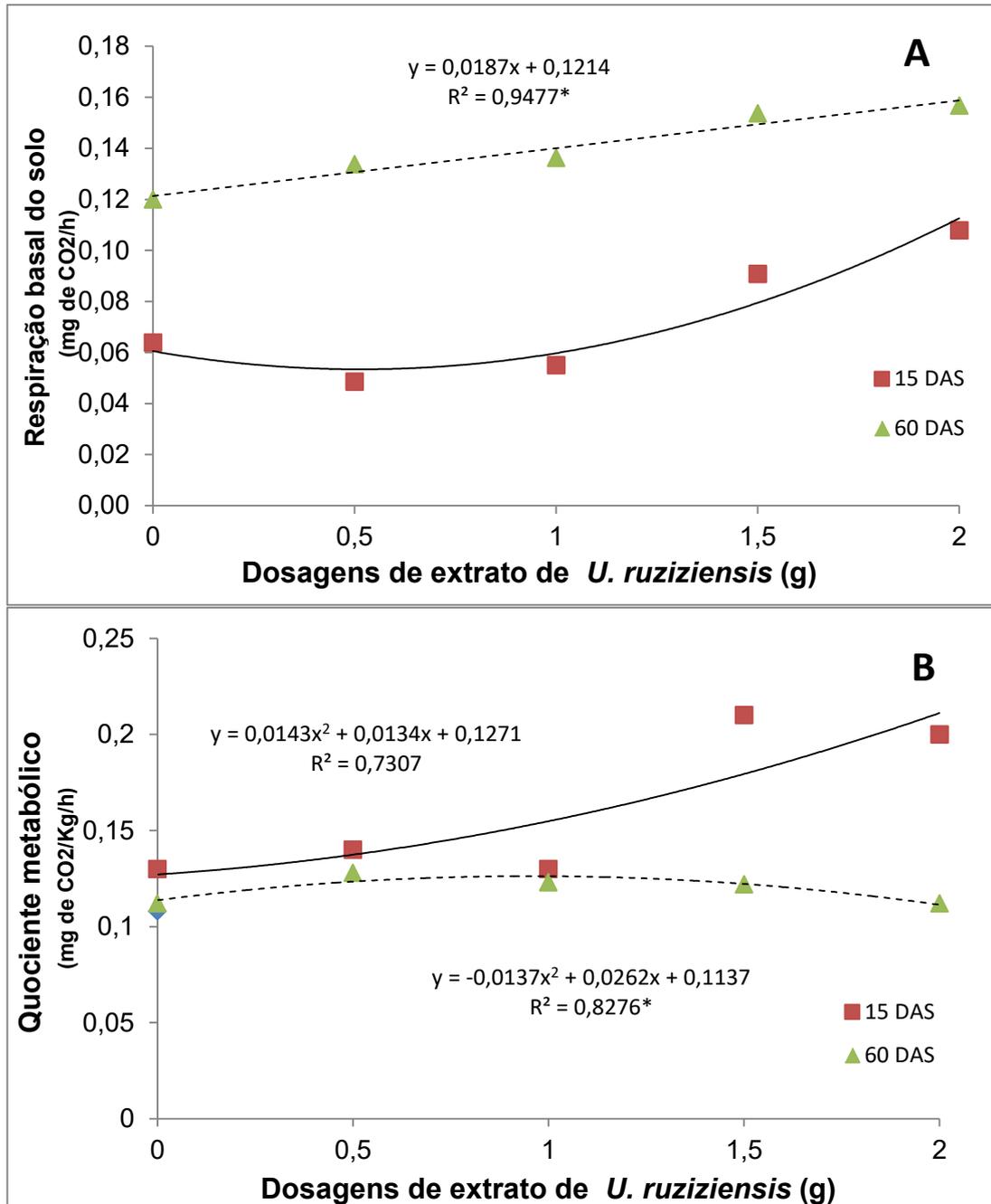


Figura 6. Respiração do solo (mg de CO₂/h) e quociente metabólico (mg de CO₂/Kg/h) em função da aplicação de extrato de *U. ruziziensis* no solo em dosagens crescentes. Avaliação aos 15 e 60 Dias após a semeadura (DAS).

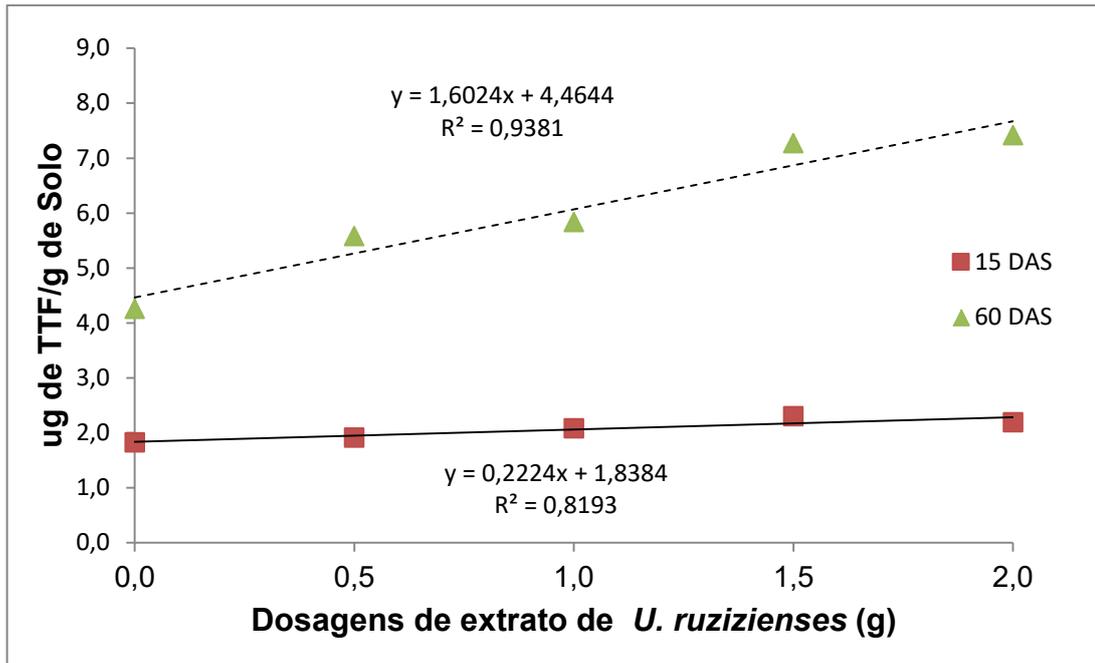


Figura 7. Atividade da enzima desidrogenase (ug de TTF/g de Solo) em solo após a aplicação de extrato de *U. ruziziensis*. Avaliação aos 15 e 60 Ddas após a semeadura (DAS).

A assinatura espectral na soja mostrou que houve maior refletância na região próxima a R530 e também na região do infravermelho próximo (NIR), relacionadas aos pigmentos e estrutura foliar, respectivamente, nos tratamentos com maiores doses de extrato aplicado no solo (Figura 8).



Figura 8. Assinatura espectral da soja cultivada em solo após a aplicação de doses crescentes de extrato de *U. ruziziensis*. Controle= 0,0 g; T2= 0,5 g; T3= 1,0 g; T4= 1,5 g; T5=2,0 g.vaso⁻¹.

Observou-se que houve ajuste linear decrescente para o NDVI na avaliação espectral realizada na soja, quando se aumentou a dosagem de extrato no solo (Figura 9D). Entretanto, os demais índices relacionados ao estresse apresentaram ajustes lineares crescentes, em sintonia com aumento das doses de extrato aplicado ao solo (Figuras 9A, 9B, e 9C).

Na correlação dos índices espectrais com a biomassa da parte aérea da soja, verificou-se que o NDVI apresentou correlação negativa, o PRI destacou-se com correlação positiva significativa a 1% de probabilidade (Tabela 5).

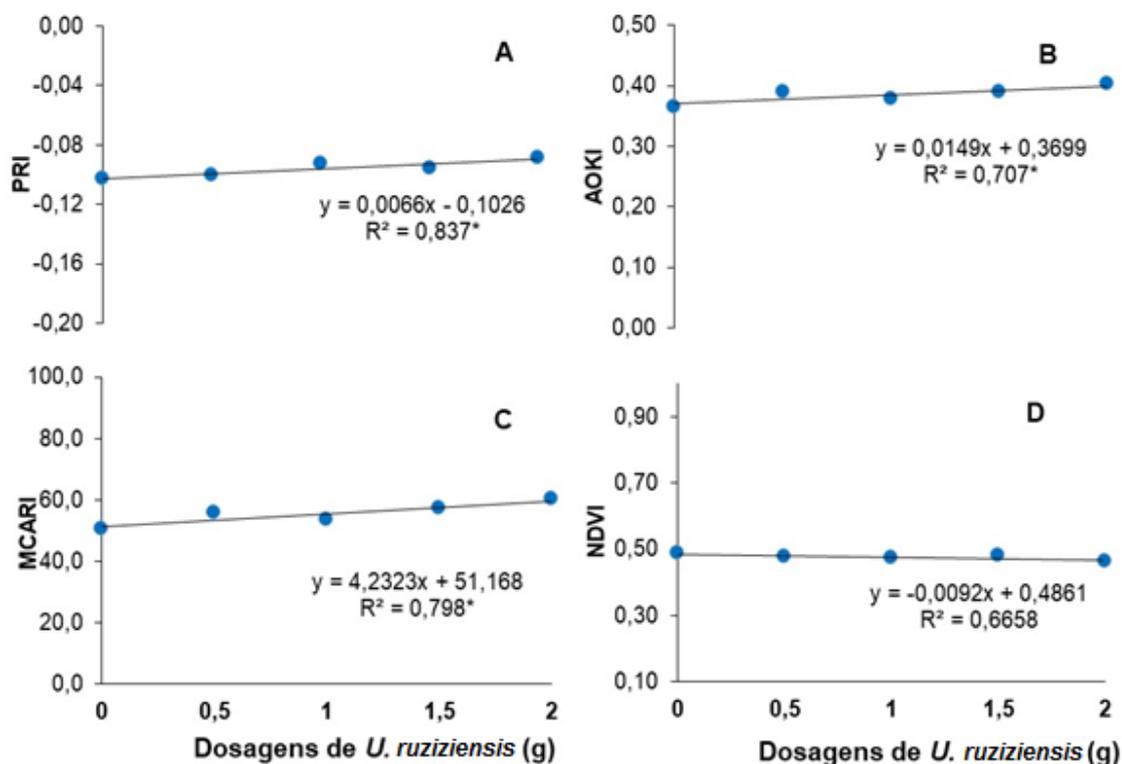


Figura 9. Avaliação dos índices espectrais na soja em função dosagens de extrato de *U. ruziziensis*.

Tabela 5. Correlação de Pearson entre os índices espectrais foliares NDVI (Índice diferencial vegetativo normalizado), PRI (Índice de refletância fotoquímico), MCARI (Índice de absorção da clorofila) e AOKI (Índice de clorofila total) e a produção de massa seca na soja.

Atributo	NDVI	PRI	MCARI	AOKI
Massa seca P. aérea	-0,73*	0,85**	0,78*	0,75*

* significativo a 5 % e ** significativo a 1% de probabilidade.

6 DISCUSSÃO

O extrato etanólico de *U. ruziziensis* apresenta uma composição química complexa, sendo detectados vários grupos de compostos químicos como polifenóis, alcaloides e flavonoides (Tabela 2). Em relação ao efeito alelopático de compostos químicos de *U. ruziziensis*, sobre a soja, verificou-se, nas condições de extração e concentrações aplicadas do extrato, nesse estudo, ausência de efeito evidente sobre a emergência e crescimento da soja. Igualmente ao observado por Oliveira e Peixoto (2015) utilizando extrato de *Urochloa brizantha*, que também não verificaram reduções significativas na emergência das sementes submetidas ao extrato. Contudo Elger e Simonetti (2013) utilizando o extrato de *U. brizantha*, demonstraram efeito inibitório na germinação e desenvolvimento radicular da soja nas soluções que continham parte aérea de *Urochloa*.

Nepomuceno *et al.* (2017) realizaram a extração de compostos químicos da *U. ruzizienses*, utilizando o metanol como solvente e observaram que o composto denominado protodioscina apresentou efeito fitotóxico para as plântulas de soja. Esses autores utilizaram as concentrações de extrato de *U. ruziziensis* de 800,400 e 200ppm já no presente trabalho foi utilizado o etanol absoluto e as concentrações de 50, 100, 150 e 200ppm, que não inibiram o crescimento da soja e promoveram aumento no desenvolvimento da planta.

A solubilidade de substâncias orgânicas tem que ser avaliado no processo de extração, pois dependendo da polaridade do solvente podem ser isolados compostos químicos diferentes nos resíduos vegetais, que podem podendo contribuir na discrepância de respostas observadas entre os trabalhos (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2018).

A extração de flavonoides em extratos de *Urochloa* tem sido muito variável, dependendo da espécie e da polaridade do solvente pode ser encontrado concentrações maiores desse composto químico. Mas esse grupo de compostos tem sido de grande importância nos estudos com plantas alelopáticas. Ribeiro *et al.* (2018) concluíram que a presença dos flavonoides no material pode exercer um efeito protetivo contra as moléculas alelopáticas presentes no extrato do capim. Entre outras funções, os flavonóides são conhecidos por estarem envolvidos na proteção e preservação celular (AMALESH; GOURANGA; SANJOY, 2011).

Foi observada redução no teor relativo de clorofila, o que pode configurar um possível estresse abiótico sobre as plantas. Conforme Bonini *et al.* (2010) constataram efeito de estresse em plantas de soja submetidas ao extrato de *U. ruzizensis*, ocasionando alterações no metabolismo energético e estimulando a produção de enzimas oxidativas. Alterações no metabolismo energético da soja foram relatadas por Ferro *et al.* (2010) através de extrato butanólico de *U. ruzizensis*, promovendo de forma geral a inibição da cadeia respiratória.

Constatou-se redução no sistema radicular das plantas com aumento das doses de extrato. Este fato também pode estar relacionado a presença de flavonóides em sua composição. A auxina estimula o alongamento celular, tendo influência no desenvolvimento de raízes laterais (MATHESIUS, 2008). Peer e Murphy (2007) concluíram que os flavonoides podem inibir o transporte de auxina, desta forma ocorre redução no crescimento das raízes. Também foi relatado que o metabolismo da auxina fica direcionado para se acumular em células corticais na raiz, para estímulo na produção de nódulos (MATHESIUS *et al.*, 1998).

Verificou-se neste trabalho que a aplicação de doses crescentes de extrato de *U. ruzizensis* no solo, aumentou a nodulação das plantas. Esta maior nodulação pode estar relacionado à presença de flavonoides no extrato pois este composto foi detectado em concentrações consideráveis no extrato bruto de *U. ruzizensis*. Este grupo possui grande importância no estímulo aos genes da nodulação, em bactérias responsáveis pela fixação biológica e conseqüentemente na formação dos nódulos presentes nas raízes (LIU; MURRAY, 2016).

Foi detectada a presença de naringenina no extrato de *U. ruzizensis* utilizado nesse estudo, de acordo com o relatado por Liu *et al.* (2019) a naringenina foi o flavonóide que mais correlacionou positivamente com o aumento de nodulação em feijão fava (*Vicia faba*). Também foi concluído que a aplicação da naringenina na rizosfera de alfafa aumentou a nodulação promovida por *Rhizobium meliloti* e o teor de N total em 60% (JAIN *et al.*, 1990), Isso confirma também o que foi observado no presente trabalho o fato de acréscimos nos teores foliares de nitrogênio em cerca de 30% na maior dose aplicada ao solo (Tabela 4), corroborando também com o aumento da nodulação.

No tocante ao efeito do extrato etanólico sobre a atividade microbiana do solo, verificou-se que os compostos químicos não causaram impactos negativos. Os aumentos do carbono da biomassa microbiana, observado com a adição do extrato,

pode representar que a presença do resíduo orgânico no solo pode ter estimulado a ação dos microrganismos nos processos de decomposição natural. Como já tem sido relatado como de forte correlação as alterações relacionadas a atividade microbiana com a presença de matéria orgânica degradável (FRANZLUEBBERS *et al.*, 1999). Este fato também explica os acréscimos gerados na respiração do solo após a aplicação do extrato, os microrganismos necessitaram realizar a decomposição, gerando assim maior liberação de CO₂ e aumento nas atividades metabólicas (ZIBILSKE, 1994).

O comportamento espectral da soja revelou que houve alteração fisiológica durante o desenvolvimento das plantas em resposta a presença do extrato de *U. ruzizensis*. Verificou-se que o índice de radiação fotoquímica (PRI) aumentou nas maiores doses do extrato como também a reflectância em R530. Kováč *et al.* (2018) relacionou o aumento da reflectancia ao aumento simultâneo do PRI que serviu para detectar a resposta de plantas ao estresse causado pela seca.

Em trigo o aumento do PRI, se relacionou ao aumento da biomassa das plantas, em resposta a mudanças nas condições ambientais, relacionadas a fatores abióticos. Verificou-se nesse estudo também alta correlação positiva do PRI com a produção de biomassa na soja. O PRI e também o MCARI foram hábeis para identificar sintomas de doenças em soja nas fases iniciais (BAJWA; RUPE; MASON, 2017). De acordo com Kovar *et al.* (2019) o conteúdo de água foliar em soja obteve elevada correlação positiva com o PRI e correlação negativa com o NDVI. Verificou-se no estudo realizado com uso de extrato de *U. ruzizensis* correlação positiva do PRI com o crescimento da planta, por outro lado, ocorreu o inverso com o NDVI. O aumento do PRI tem sido relacionado a estresses abióticos no solo que confirma como bom indicador em estudos de monitoramento por sensoriamento remoto (KOVÁČ *et al.*, 2018).

Os resultados encontrados demonstram que índices espectrais coletados de forma não destrutiva, pode servir de bons indicadores de atividades metabólicas no dossel das plantas, bem como da sua adaptação fisiológica em resposta a fatores abióticos. Revelando que houve uma resposta fisiológica da soja, de forma semelhante a um estresse abiótico, mas possivelmente de baixa intensidade.

A incorporação no solo do extrato de *U. ruzizensis*, que contém relativa concentração de diversos compostos químicos, proporciona impactos positivos na microbiologia do solo e também no crescimento da planta. Mas ocasiona mudanças

fisiológicas que podem ser detectadas pela avaliação espectral e clorofilométrica, semelhante ao relacionado a estresses bióticos e abióticos. Entretanto, nas doses de extrato de *U. ruziziensis* utilizadas nesse estudo verificou-se que o efeito mostrou-se como positivo para o crescimento da soja. Destaca-se a concentração de flavonóides encontradas no estudo e os seus benefícios que devem ser mais explorados em futuros estudos. Os resultados encontrados devem também ser comprovados em experimentos de campo com a finalidade de confirmação desses benefícios.

7 CONCLUSÕES

- Nas doses utilizadas não foram detectados efeitos alelopáticos do extrato etanólico de *U. ruzizensis* sobre o crescimento da soja.
- O extrato proporcionou ganhos no desenvolvimento da parte aérea da soja e aumento da nodulação, porém houve redução radicular.
- O extrato de *U. ruzizensis*, promoveu mudanças na microbiologia logo após sua aplicação, porém não impactaram negativamente.
- Houve alteração do comportamento espectral da soja em função do aumento da dose de extrato aplicado ao solo.

REFERÊNCIAS

AGATI, G.; AZZARELLO, E.; POLLASTRI, S.; TATTINI, M. Flavonoids as antioXidants in plants: location and functional significance. **Plant Science**, v. 96, p. 67–76, 2012.

AHMAD, M.Z.; ZHANG, Y.; ZENG, X.; LI, P.; WANG, X.; BENEDITO, V.A.; ZHAO, J. Isoflavone malonyl-CoA acyltransferase GmMaT2 is involved in nodulation of soybean by modifying synthesis and secretion of isoflavones. **Journal of Experimental Botany**, v.72, p.1349–1369, 2021.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p. 576.

AL-KAISI, M.; ARCHONTOULIS, S.; KWAW-MENSAH, D. Soybean spatiotemporal yield and economic variability as affected by tillage and crop rotation. **Agronomy Journal**, v.108, n.3, p.1267-1280, 2016. doi: 10.2134/agronj2015.0363.

ALVES, T.M.; MACRAE, I.V.; KOCH, R.L. Soybean aphid (hemíptera: Aphididae) affects soybean spectral reflectance. **Journal of economic entomology**, v.108, n.6, p.2655-2664, 2015.

AMALESH, S.; GOURANGA, D.; SANJOY, K.D. Roles of flavonoids in plants. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.6, p.12-35, 2011.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.

BAJWA, S.G.; RUPE, J.C.; MASON, J. Soybean disease monitoring with leaf reflectance. **Remote Sens**, v.9, p.127, 2015. doi: 10.3390/rs9020127

BAPTISTELLA, J.L.C.; ANDRADE, S.A.L.; FAVARIN, J.L.; MAZZAFERA, P. Urochloa in tropical agroecosystems. **Frontiers in Sustainable Food System**, v.4, p.119, 2020. doi: 10.3389/fsufs.2020.00119

BIOSCIENCE. **CI- 710 Miniature leaf spectrometer**. 2020. Disponível em: <https://cid-inc.com/plant-science-tools/leaf-spectroscopy/ci-710-miniature-leaf-spectrometer/>. Acesso em: mar. 2020.

BRIDA, A.L.; GABIA, A.A.; PEZZONI FILHO, J.C.; MORAES, D.A.C.; WILCKEN, S.R.S. Spatial variability of *Meloidogyne javanica* in soybean. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.175-179, 2016.

- BRUM, K.B.; HARAGUCHI, M.; GARUTTI, M.B., NÓBREGA, F.; N., ROSA, B.; FIORAVANTI, M.C.S. Análise semiquantitativa da saponina protodisocina do ciclo vegetativo de *Brachiaria*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.24 (supl.), p.13, 2004.
- BONINI, E.P.; FERRO, A.P.; KERN, K.A.; FOLETTO, M.; IWAN, E.L.I. Avaliação do efeito de extrato de *Brachiaria ruziziensis* sobre o metabolismo energético da soja. *In*: ENCONTRO MARINGAENSE DE BIOLOGIA, 12. **Resumos...** Maringá, 2010.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.8– Safra 2020/21, n.8 - Oitavo levantamento, Brasília, p. 1-115, maio 2021.
- CHEYNIER, V.; COMTE, G.; DAVIES, K.M.; LATTANZIO, V.; MARTENS, S. Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.72, p.1–20, 2013.
- CUI, D.; ZHANG, Q.; LI, M.; ZHAO, Y.; HARTMAN, G. L. Detection of soybean rust using a multispectral image sensor. **Sensors & Instruments food Quality**, v.3, p.49-56, 2009.
- DEUBER, R. Ecologia das plantas infestantes. *In*: **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. 2. ed. Jaboticabal: ABDR, 2003. p. 72-106.
- DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biologic Biochemic**, v.29, n.36, p.771-774, 1997.
- DOBBELS, A.A.; LORENZ, A.J. Soybean iron deficiency chlorosis high-throughput phenotyping using an unmanned aircraft system. **Plant Methods**, v.15, n.97, p.1-9, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0478-9>
- ELGER, C.E; SIMONETTI, A.P.M.M. Influência da palhada de *Brachiaria brizantha* sobre a germinação e desenvolvimento inicial da cultura de soja. **Cascavel**, v.6, n.2, p.81–88, 2013.
- EL-KATHIB, H.; HAWELA, F.; HAMDY, H.; EL-MOWELHI, N. Spectral characteristics curves of rice plants infected by blast. *In*: IGARSS'93 IEEE, 21. **Resumos...** ag. 1993.
- FAGIOLI, M.; RODRIGUES, T.R.J.D.; ALMEIDA, A.P.; ALVES, P.L.C.A. Efeito inibitório da *Brachiaria decumbens* stapf. prain. e *B. brizantha* (hochst ex a. rich.) stapf. cv. Marandu sobre a germinação e vigor de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) **Boletim Industrial Animal**,v.57, n.2, p.129-137, 2000.
- FAVARIN, J.L.; SOUZA, L.T.; MOSCARDINI, D.B.; BAPTISTELLA, J.L.C. Caminhos para aumentar a produtividade do café arábica. **Infomativo Agronomico**, p.13–18, 2018.
- FAVARETTO, A.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; PEREZ, N.B. Allelopathy in Poaceae species present in Brazil. **A Review Agronomy Sustainable Development**, v.38, p. 22, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0495-5>

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12 (espc.), p.175-204, 2000.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.991-996, 1999.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FERREIRA, I.C.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; FURLANI, C.E.A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.2, p.141-150, 2007.

FERRO, A.P.; BONINI, E.A.; FOLETTO, M.; KERN, K.A.; IWAN, E.L.I. Alteração da atividade respiratória de mitocôndrias de soja pelo extrato de *Brachiaria ruziziensis*. **Encontro Maringaense de Biologia**, v.12. **Resumos...** Maringá, 2010.

FIGUEIREDO, E.A.P.; SOARES, J.P.G. Sistemas orgânicos de produção animal: dimensões técnicas e econômicas. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 49, 2012. **Anais [...]**. Brasília, DF: SBZ, 2012. 1 CD-ROM.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONS, F.M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.395-405, 1999.

FRIGHETTO, R.T.S. **Análise da biomassa microbiana em carbono: método defumigação-extração**, 2000.

GALVÃO, L.S.; ROBERTS, D.A.; FORMAGGIO, A.R.; NUMATA, I.; BREUNING, F.M. View angle effects on the discrimination of soybean varieties and on the relationships between vegetation indices yield using off-nadir Hyperion data. **Remote sensing of environment**, v.113, p. 846-856, 2009.

GAZALA, I.F.S.; SAHOO, R.N.; PANDEY, R.; MANDAL, B.; GUPTA, V.K.; SINGH, R.; SINHA, P. Spectral reflectance pattern in soybean for assessing yellow mosaic disease. **Indian Journal of Virology**, v.24, n.2, p.242-249, 2013.

GITELSON, A.A.; MERZLYAK, M.N. Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll. **Journal of Plant Physiology**, v.148, p.494-500, 1996.

GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N. Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. **International Journal of Remote Sensing**, v.18, n. 2, p.2691-2697, 1997.

GITELSON, A.A.; MERZLYAK, M.N. Non-destructive assessment of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in higher plant leaves: principles and algorithms. **Remote Sensing for Agriculture and the Environment**, p.78-94, 2004.

HE, Z.H.; LIU, Z.T.; XU, Y.L.; HAN, X.Z.; HE, X.Y. The reasons for yielding decline of continuous and alternate planting soybean and its agronomical control strategy. **Soybean Science Technology**, v.5, p.7–12, 2011.

HIKISHIMA, M.; CANTERI, M.G.; GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; SILVA, A.J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de reflectância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, v.35, n.2, p.96-103, 2010.

HOUGHTON, J.T. Introduction to the physics and techniques of remote sensing. **Physics of the Earth and Planetary Interiors**, v.54, n.1–2, p.194, 1989. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/003192018990201X>. Acesso em: 5 nov. 2021

JAIN, V.; GARG, N.; NAINAWATEE, H.S. Naringenin enhanced efficiency of *Rhizobium meliloti*-alfalfa symbiosis. **World Journal of Microbiology Biotechnology**, v.6, p.434–436, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF01202130>

JOERGENSEN, R.G.; BROOKES, P.C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K₂SO₄ soil extracts. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p.1023-1027, 1990.

KOBAYASHI, A.; KATO-NOGUCHI, H. The seasonal variations of allelopathic activity and allelopathic substances in *Brachiaria brizantha*. **Botanic Stud**, v.56, p.25, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40529-015-0105-7>. Acesso em: 25 set. 2019.

KOVÁČ, D.; VESELOVSKÁ, P.; KLEM, K.; VEČEŘOVÁ, K.; AČ, A.; PEÑUELAS, J.; URBAN, O. Potential of photochemical reflectance index for indicating photochemistry and light use efficiency in leaves of european beech and norway spruce trees. **Remote Sensing**, v.10, n.8, p.1202, 2018. <https://doi.org/10.3390/rs10081202>

KOVAR, M *et al.* Evaluation of Hyperspectral Reflectance Parameters to assess the Leaf Water Content in Soybean. **Water**, v.11, p.443, 2019. doi:10.3390/w11030443

LI, C.G.; LI, X.M.; KONG, W.D.; WU, Y.; WANG, J.G. Effect of monoculture soybean on soil microbial community in the northeast China. **Plant Soil**, v.330, p.423–433, 2010.

LIU, H.; PAN, F.J.; HAN, X.Z.; SONG, F.B.; ZHANG, Z.M.; YAN, J.; XU, Y.L. Response of soil fungal community structure to long-term continuous soybean cropping. **Frontiers Microbiology**, v.9, p.3316, 2019.

LIU, C.-W.; MURRAY, J.D. The role of flavonoids in nodulation host-range specificity. **Plants**, v.5, p.33, 2016. <https://doi.org/10.3390/plants5030033> .

LIU, Y.; YIN, X.; XIAO, J.; TANG, L.; ZHENG, Y. Interactive influences of intercropping by nitrogen on flavonoid exudation and nodulation in faba bean. **Scientific Reports**, v.9, n.1, p.4818, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41146-9>.

LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um Sistema de Informação Geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, v.14, p.47–58, 2001. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47312>. Acesso em: 10 nov. 2021.

MACHADO, L.A.Z; ASSIS, P.G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, p.415-422, 2010.

MALAVOLTA, E. ; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. p.319.

MARBURGER, D.A.; CONLEY, S.P.; ESKER, P.D.; LAUER, J.G.; ANÉ, J.M. Yield response to crop/genotype rotations and fungicide use to manage Fusarium-related diseases. **Crop Science**, v.55, p.889-898, 2015. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0201>.

MARTINS, C.R.; LOPES, W.A.; ANDRADE, J.B. de. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, v.36, p.1248-1255, 2013. DOI: 10.1590/S0100-40422013000800026

MATHESIUS, U.; SCHLAMMAN, H.R.M.; SPAINK, H.P.; SAUTTER, C, ROLFE BG, DJORDJEVIC MA. Auxin transport inhibition precedes nodule formation in white clover roots and is regulated by flavonoids and derivatives of chitin oligosaccharides. **The Plant Journal**, v.14, p.23–34, 1998.

MATHESIUS, U. Goldacre paper: auXin: at the root of nodule development?. **Functional Plant Biology**, v.35, p.651-668, 2008.

MILLER, J.J.; SCHEPERS, J.S.; SHAPIRO, C.A.; ARNESON, N.J.; ESKRIDGE, K.M.; OLIVEIRA, M.C.; GIESLER, L.J. Characterizing soybean vigor and productivity using multiple crop canopy sensor readings. **Field Crops Research**, v.216, p.22-31, 2018.

NEPOMUCENO, M.; NURIA, C.; VARELA, R.M.; MOLINILLO, J.M.G.; LAVRET, R.; ALVES, P.L.C.A.; MACIAS, F.A. Chemical evidence for the effect of *Urochloa ruziziensis* on glyphosate-resistant soybeans. **Pest Management Science**, v.73, p.2071-2078, 2017.

NUÑEZ, J.; AREVALO, A.; KARWAT, H.; EGENOLF, K.; MILES, J.; CHIRINDA, N. *et al.* Biological nitrification inhibition activity in a soil-grown biparental population of the forage grass, *Brachiaria humidicola*. **Plant Soil**, v.426, p.401–411, 2018. doi: 10.1007/s11104-018-3626-5

NUTTER JR., F.W.; TYLKA, G.L.; GUAN, J.; MOREIRA, A.J.D.; MARETT, C.C.; ROSBURG, T.R.; BASART, J.P.; CHING, C.S. Use of remote sensing to detect soybean cyst nematode-induced plant stress. **Journal of nematology**, v.34, n.3, p.222-231, 2002.

OLIVEIRA, J.S.; PEIXOTO, C.P. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizantha* e *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v.17, n.3, p.379-384, 2015.

PAUL, B.K.; GROOT, J.C.J.; MAASS, B.L.; NOTENBAERT, A.M.O.; HERRERO, M.; AND TITTONELL, P.A. Improved feeding and forages at a crossroads: Farming systems approaches for sustainable livestock development in East Africa. **Outlook on Agriculture**, v.49, p.13–20, 2020. doi: 10.1177/0030727020906170

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Corn and soybean response to rotation sequence, row spacing, and tillage system. **Agronomy Journal**, v.95, p.965–971, 2003. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ2003.9650>.

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Soybean growth and development response to rotation sequence and tillage system. **Agronomy Journal**, v.96, p.1005-1012, 2004. doi:<https://doi.org/10.2134/agronj2004.1005> .

PEER, W.A.; MURPHY, A.S. Flavonoids and auxin transport: modulators or regulators? **Trends Plant Science**, v.12, p.556–563, 2007.

PEIXOTO, R.M.; ARAUJO, R.M.P.; PEIXOTO, L.J.S.; BOMFIM, S.A.G.; SILVA, T.M.G.; SILVA, T.M.S.; ALMEIDA, J.R.G.S.; MOTA, R.A.; COSTA, M.M. Treatment of goat mastitis experimentally induced by *Staphylococcus aureus* using a formulation containing *Hymenaea martiana* extract. **Small Ruminant Research**, v.130, p.229-235, 2015.

PERALTA, A.L.; SUN, Y.; MCDANIEL, M.D.; LENNON, J.T. Crop rotational diversity increases disease suppressive capacity of soil microbiomes. **Ecosphere**, v.9, 2018. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2235> .

PERRET, X.; STAEHELIN, C.; BROUGHTON, W.J. Molecular basis of symbiotic promiscuity. **Microbiology Molecular Biology Reviews**, v.64, n.1, p.180-201, 2000. doi:10.1128/MMBR.64.1.180-201.2000

PIRES, R.D.L.; GONÇALVES, D.N.; ORUÊ, J.P.M.; KANASHIRO, W.E.S.; RODRIGUES JR., J.F.; MACHADO, B.B.; GONÇALVES, W.N. Local descriptors for soybean disease recognition. **Computer and electronics in agriculture**, v.125, p.48-55, 2016.

PRASAD, A.K.; CHAI, L.; SINGH, R.P.; KAFATOS, M. Crop yield estimation model for lowa using remote sensing and surface parameters. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n.8, p.26-33, 2004.

PULIDO, P.; PERELLO, C.; RODRIGUEZ-CONCEPCION, M. New insights into plant isoprenoid metabolism. **Molecular Plant**, v.5, n.5, p.964-967, 2012.

RADI, P.A.; TERRONES, M.G.H. Metabólitos secundários de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.20, n.2, p.18-22, 2007.

RAGASSI, C.F.; PEDROSA, A.W.; FAVARIN, J.L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Revista Visão Agrícola**, v.12, p.29–32, 2013.

RAHNAMAIE-TAJADOD, R.; GOH, H.H.; NOOR, N.M. Methyl Jasmonate Induced Compositional Changes of Volatile Organic Compounds in Polygonum minus Leaves. **Journal of Plant Physiology**, v.240, p.01-10, 2019.

RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim técnico, 63)

RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; GARCIA, R. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C4 grasses and C3 legumes. **Journal Plant Nutrient**, v.18, p.2135–2155, 1995. doi: 10.1080/01904169509365052

RASCOVAN, N.; CARBONETTO, B.; PERRIG, D.; DÍAZ, M.; CANCIANI, W.; ABALO, M.; ALLOATI, J.; GONZÁLEZ-ANTA, G.; VAZQUEZ, M.P. Integrated analysis of root microbiomes of soybean and wheat from agricultural fields. **Scientific Reports**, v.6, p.28084, 2017.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211-216, 1988.

RIBEIRO, R.C.; CARVALHO, M.G.; MORAES, M.D.L.L.; ROSSIELLO, R.O.P.; OLIVEIRA, D.R.; AMORIM, R.M.Q.; BARBIERI JR., E. Chemical Screening of *Urochloa humidicola*: Methods for Characterizing Secondary Metabolites and Allelopathic Activity on Forage Legumes. **American Journal of Plant Sciences**, v.9, p.1260-1278, 2018.

RIBEIRO, N.V.S.; VIDAL, M.S.; BARRIOS, S.C.L.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. Genetic diversity and growth promoting characteristics of diazotrophic bacteria isolated from 20 genotypes of *Brachiaria* spp. **Plant Soil**, v.451, p.187–205, 2019. doi: 10.1007/s11104-019-04263-y

RODELLA, A.A.; SABOYA, L.V. Calibrations for conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil biology and Biochemistry**, v.31, n.14, p.2059-2060, 1999.

RODRIGUES, C.; LAURA, V.A.; PEREIRA, S.R.; DEISS, C. Alelopatia de duas espécies de braquiária em sementes de três espécies de estilosantes. **Ciência Rural**, v.42, n.10, out. 2012.

RODRIGUES, J.I.S.; MIRANDA, F.D.; FERREIRA, A.; BORGES, L.L.; FERREIRA, M.F.S.; GOOD-GOD, P.I.V.; PIOVESAN, N.D.; BARROS, E.G.; CRUZ, C.D.; MOREIRA, M.A. Mapeamento de QTL para conteúdos de proteína e óleo em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.472-480, 2010.

ROSOLEM, C.A.; RITZ, K.; CANTARELLA, H.; GALDOS, M.V.; HAWKESFORD, M.J.; WHALLEY, W.R. *et al.* Enhanced plant rooting and crop system management for improved N use efficiency. Cambridge: Academic Press, 2017. p.205–239. doi: 10.1016/bs.agron.2017. 07.002

SCALEA, M. Plantio direto: inovações técnicas. **Revista Plantio Direto**, n.83, set./out. 2004.

SHAMSA, F.; MONSEF, H.; GHAMOOSHI, R.; VERDIAN-RIZI, M. Spectrophotometric determination of total alkaloids in some Iranian medicinal plants. **The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.32, p.17-20, 2008.

SILVA, A.B.; MELLO, M.R.F.; SENA, A.R.; LIMA FILHO, R.M.; LEITE, T.C.C. Efeito do extrato de *Cyperus rotundus* L. no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **CIENTEC-Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v.8, n.1, p.1-9, 2016.

SILVA, E.A.; MARANGON, G.P.; DESSBESELL, L. *et al.* Caracterização espectral na reflectância de *Eucalyptus grandis*. **FLORESTA**, v 42, n.2, p.285, 2012. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/17587>. Acesso em: 10 nov. 2021.

SINGLA, P.; GARG, N. Plant flavonoids: key players in signaling, establishment, and regulation of rhizobial and mycorrhizal endosymbioses. In: **Mycorrhiza - function, diversity, state of the art**. 4. ed. Cham: Springer, 2017. p.133-176.

SOARES, G.L.G. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. Grand Rapids) por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae. **Floresta e Ambiente**, v.7, p.190-197, 2000.

SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, v.23, n.1, jan./mar. 2005.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C.A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.657-668, 2006.

STAGOS, D. *et al.* Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. **Food and Chemical Toxicology**, v.50, n.11, p.4115-4124, 2012.

SUGIYAMA, A.; YAMAZAKI, Y.; HAMAMOTO, S.; TAKASE, H.; YAZAKI, K. Synthesis and secretion of isoflavones by field-grown soybean. **Plant Cell Physiology**, v.58, p.1594-1600, 2017.

SUKUMARAN, A.; MCDOWELL, T.; CHEN, L.; RENAUD, J.; DHAUBHADEL, S. Isoflavonoid-specific prenyltransferase gene family in soybean: *GmPT01*, a pterocarpan 2-dimethylallyltransferase involved in glyceollin biosynthesis. **Plant Journal**, v.96, p.966-981, 2018.

TAÍZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.719.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer, 2010. p.792.

TANAKA, K.S.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; MOMESSO, L.; COSTA, C.H.M.; FRANZLUEBBERS, A.J., *et al.* Nutrients released by Urochloa cover crops prior to soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v.113, p. 267-281, 2019. doi: 10.1007/s10705-019-09980-5

TORRES, F.E.O. *et al.* Estimation of genetic divergence between braquiaria ecotypes based on quantitative and qualitative descriptors. **Ciência Rural**, v.45, n.3, p.485-491, 2015.

USDA. **Oilseeds**: world markets and trade. Nov. 2021. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf> . Acesso em: 10 nov. 2021.

VAN OS, G.J.; GINKEL, J.H. Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, n.11, p.1447-1454, set. 2001.

VERONKA, D.A. *et al.* Efeito alelopático do extrato bruto de Brachiaria decumbens na germinação e no vigor de sementes e de plântulas de Brachiaria brizantha. 2012. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC188.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

WHITE, L.J.; GE, X.; BROZEL, V.S.; SUBRAMANIAN, S. Root isoflavonoids and hairy root transformation influence key bacterial taxa in the soybean rhizosphere. **Environmental Microbiology**, v.19, p.1391-1406, 2017.

WHITHAM, S.A.; QI, M.; INNES, R.W.; MA, W.; LOPES-CAITAR, V.; HEWEZI, T. Molecular soybean-pathogen interactions. **Annual Review of Phytopathology**, v.4, n.54, p.443-468, 2016.

YAO, X. *et al.* In vivo and in vitro antioxidant activity and α -glucosidase, α -amylase inhibitory effects of flavonoids from Cichorium glandulosum seeds. **Food Chemistry**, v.139, n.1-4, p.59-66, 2013.

ZHAO, J. Flavonoid transport mechanisms: How to go, and with whom. **Plant Science**, v.20, p.576-585, 2015.

ZIBILSKE, L.M. Carbon mineralization. *In*: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P.J. (eds.). Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. Madison. **Soil Science Society of America**, p.10-35, 1994.