

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA

LÍRIAN FRANÇA OLIVEIRA

FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS E BIOESTIMULANTES NA SOJA

UBERLÂNDIA
2023

LÍRIAN FRANÇA OLIVEIRA

FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS E BIOESTIMULANTES NA SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

O48f
2023 Oliveira, Lírian França, 1996-
Fertilizantes organominerais e bioestimulantes na soja [recurso eletrônico] / Lírian França Oliveira. - 2023.

Orientadora: Regina Maria Quintão Lana.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.8083>
Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. Lana, Regina Maria Quintão, 1958-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 005/2023, PPGAGRO				
Data:	Vinte e oito de fevereiro de dois mil e vinte e três	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:30
Matrícula do Discente:	12112AGR008				
Nome do Discente:	Lírian França Oliveira				
Título do Trabalho:	Fertilizantes organominerais e bioestimulantes na soja				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Reginaldo de Camargo - UFU; José Geraldo Mageste da Silva - UFU; Miguel Henrique Rosa Franco - AgroPC; Regina Maria Quintão Lana - UFU orientadora do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra. Regina Maria Quintão Lana, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/03/2023, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MIGUEL HENRIQUE ROSA FRANCO, Usuário Externo**, em 07/03/2023, às 10:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Geraldo Mageste da Silva, Membro de Comissão**, em 08/03/2023, às 16:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 09/03/2023, às 11:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4273077** e o código CRC **A5FC4F9C**.

LÍRIAN FRANÇA OLIVEIRA

FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS E BIOESTIMULANTES NA SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Agronomia.

Uberlândia, 28 de fevereiro, 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo - UFU

Prof. Dr. José Geraldo Mageste - UFU

Dr. Miguel Henrique Rosa Franco - Pós doutorando da
Universidade Federal de Uberlândia - MG

Aos meus pais Luciene dos Santos França e

Enio Freitas Oliveira, com amor

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que me proporcionou alcançar, e por me conceder a oportunidade de finalizar mais uma etapa em minha jornada.

Aos meus pais, Luciene e Enio pelo suporte e apoio em todas as etapas de minha formação acadêmica.

As minhas colegas da pós-graduação, em especial Luciana Gontijo, Maria Clara Resende Ponce e Rosana Ribeiro da Mota, as quais tive o prazer de conhecer e conviver ao longo destes 2 anos. Salve a exceção da Luciana, que já às conhecia desde a minha graduação, porém só no mestrado estreitei os laços de amizade.

Aos meus amigos Mike Campos, Natália Monte Negro dos Santos Jacobi (ambos mestrandos) e Gabriela Marques Cardoso (Mestre), Daniel Bonifácio (Dr.), que me acompanham desde o início da graduação, pelo apoio direto e indireto.

Aos demais amigos, os quais não nomearei todos pra não correr o risco de esquecer alguém e também para não me prolongar muito, pela amizade, compreensão e apoio.

A minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Regina Maria Quintão Lana, pela orientação e ensinamentos durante este período.

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade de realização do mestrado, e a todos os professores, técnicos e funcionários do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) pelo suporte, em especial durante o período de pandemia.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos, que possibilitou a realização das pesquisas.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições para melhoria deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

RESUMO

A soja é de grande importância econômica a nível nacional e mundial. Portanto, há a necessidade de buscar novas fontes de nutrientes ou promotores de crescimento que auxiliem no desenvolvimento da cultura; como os bioestimulantes e fertilizantes organominerais a fim de conseguir altas produtividades. Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos de crescimento e rendimento em resposta ao uso de bioestimulantes e fertilizantes organominerais na cultura da soja. Foram conduzidos dois experimentos, um no município Uberlândia-MG e o outro em Pedrinópolis-MG, na safra de 2021/2022, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. No experimento de Uberlândia foram usados 8 tratamentos: T1- fertilizante organomineral na semeadura; T2 a T5- fertilizante organomineral na semeadura e aplicação do bioestimulante via foliar, nas doses de 0,5; 1; 2 e 4 L ha⁻¹, parceladas nos estádios V4 e R1; T6- fertilizante organomineral juntamente com a aplicação do bioestimulante na dose de 2,0 L ha⁻¹ no sulco de plantio; T7- ausência de aplicação (controle negativo); T8- adubação mineral (controle positivo). No outro experimento foram usados 10 tratamentos, em que T1 ao T4- bioestimulante 1 via foliar, em 4 doses (0,5; 1; 2 e 4 L ha⁻¹) parceladas nos estádios V4 e R1; T5 e T6- bioestimulante 1 (2 ml kg de semente⁻¹ e 10 ml kg de semente⁻¹, respectivamente); T7- biorregulador (0,5 L ha⁻¹), via foliar, parcelado nos estádios V4 e R1; T8- bioestimulante 2 (2 ml kg de semente⁻¹); T9- bioestimulante 3 (2 ml kg de semente⁻¹) ; e T10- ausência de bioestimulante. Neste experimento foi aplicado 250 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral de formulação 7-35-10 em todos os tratamentos. No primeiro experimento verificou-se que o uso do fertilizante organomineral com ou ausência de bioestimulante propiciou melhores resultados nos parâmetros de crescimento e produtividade. Assim como, não diferiram da adubação mineral. O modo de aplicação do bioestimulante influenciou na produtividade da soja, porém as suas variadas doses não promoveram diferenças para os parâmetros avaliados. No segundo experimento foi observado que o uso dos bioestimulantes 1, 2, 3, biorregulador e controle (ausência de aplicação) na cultura da soja não proporcionaram diferenças significativas para as variáveis de crescimento e produtividade. O bioestimulante 1 em todas as doses via foliar nos estágios V4 e R1 da soja ou via tratamento de sementes não proporcionou incrementos significativos para os caracteres avaliados. Os bioestimulantes 2 e 3 na dosagem de 2 ml kg de semente⁻¹ e o biorregulador na dose de 0,5 L ha⁻¹ aplicado via foliar não se mostram superiores ao tratamento sem aplicação de bioestimulante e biorregulador.

Palavras-chave: biofertilizantes; substâncias húmicas; matéria orgânica.

ABSTRACT

Soybeans are of great economic importance both nationally and worldwide. Therefore, there is a need to look for new sources of nutrients or growth promoters to help the crop develop, such as biostimulants and organo-mineral fertilizers, in order to achieve high yields. The objective of this work was to evaluate growth and yield attributes in response to the use of biostimulants and organo-mineral fertilizers in soybean cultivation. Two experiments were conducted, one in the municipality of Uberlândia-MG and the other in Pedrinópolis-MG, in the 2021/2022 harvest, in a randomized block design, with four replications. In the Uberlândia experiment, 8 treatments were used: T1- organomineral fertilizer at sowing; T2 to T5- organomineral fertilizer at sowing and foliar application of the biostimulant, at doses of 0.5; 1; 2 and 4 L ha⁻¹, spread over the V4 and R1 stages; T6-organomineral fertilizer together with the application of the biostimulant at a dose of 2.0 L ha⁻¹ in the planting furrow; T7- no application (negative control); T8- mineral fertilization (positive control). In the other experiment, 10 treatments were used, in which T1 to T4- biostimulant 1 foliar, in 4 doses (0.5; 1; 2 and 4 L ha⁻¹) divided into stages V4 and R1; T5 and T6- biostimulant 1 (2 ml kg seed⁻¹ and 10 ml kg seed⁻¹, respectively); T7- bioregulant (0.5 L ha⁻¹) foliar application in installments at stages V4 and R1; T8- biostimulant 2 (2 ml kg seed⁻¹); T9-biostimulant 3 (2 ml kg seed⁻¹); and T10- no biostimulant. In this experiment, 250 kg ha⁻¹ of the mineral fertilizer formulation 7-35-10 was applied to all treatments. In the first experiment, it was found that the use of organomineral fertilizer with or without biostimulant gave better results in terms of growth productivity and parameters. Nor did they differ from mineral fertilization. The method of application of the biostimulant influenced soybean yields, but the different doses did not lead to differences in the parameters evaluated. In the second experiment, it was observed that the use of biostimulants 1, 2, 3, bioregulators and control (no application) in the soybean crop did not provide significant differences for the growth and productivity variables. Biostimulant 1 in all doses foliar application at stages V4 and R1 of the soybean or seed treatment did not provide significant increases for the characters evaluated. Biostimulants 2 and 3 at a dose of 2 ml kg seed⁻¹ and the bioregulator at a dose of 0.5 L ha⁻¹ applied foliar did not prove to be superior to the treatment without application of biostimulant and bioregulator.

Keywords: biofertilizers; humic substances; organic matter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2: FERTILIZANTE ORGANOMINERAL E BIOESTIMULANTE NA SOJA

Figura 1 - Pluviosidade e temperatura da Fazenda Planalto, em Uberlândia-MG no período de condução do experimento	58
Figura 2 - Esquema da parcela experimental.....	59

CAPÍTULO 3: FONTES E MODO DE APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA SOJA

Figura 1 - Pluviosidade em Patrocínio e temperatura em Araxá no período de condução do experimento	87
Figura 2 - Esquema da parcela experimental.....	89

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2: FERTILIZANTE ORGANOMINERAL E BIOESTIMULANTE NA SOJA

Tabela 1 - Caracterização química da amostra de solo da área experimental. Uberlândia, 2021.	59
Tabela 2 - Doses de fertilizantes e de bioestimulante para a cultura da soja. Uberlândia, safra 2021/2022.	60
Tabela 3 - Composição do bioestimulante	61
Tabela 4 - Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de vagens (NV), número de vagens com 0 (NV0G), 1 (NV1G), 2 (NV2G) e 3 grãos (NV3G) da cultivar de soja Bramax auge submetida a diferentes manejos nutricionais no município de Uberlândia (MG) na safra 2021/2022.	64
Tabela 5 - Classificação de tamanho de grãos da cultivar de soja Bramax auge submetida a diferentes manejos nutricionais no município de Uberlândia (MG) na safra 2021/2022.....	70
Tabela 6 - Número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade da cultivar de soja Bramax auge submetida a diferentes manejos nutricionais no município de Uberlândia (MG) na safra 2021/2022.....	72

CAPÍTULO 3: FONTES E MODO DE APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA SOJA

Tabela 1 - Caracterização química e física da amostra de solo da área experimental. Pedrinópolis, 2021.	88
Tabela 2 - Doses e fontes de biofertilizante para a cultura da soja. Pedrinópolis, 2021/2022..	90
Tabela 3 - Composição química dos bioestimulantes.....	91
Tabela 4 - Altura de planta (AP), número de vagens (NV), número de vagens com 0 (NV0G), 1 (NV1G), 2 (NV2G) e com 3 grãos (NV3G) de soja cv. Bramax bônus, submetidas a diferentes tratamentos em Pedrinópolis (MG) na safra 2021/2022.....	95
Tabela 5 - Número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos de soja cv. Bramax bônus, submetidas a diferentes tratamentos em Pedrinópolis (MG) na safra 2021/2022.	98

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Substâncias húmicas.....	18
2.1.1 Origem.....	18
2.1.2 Composição das substâncias húmicas	20
2.1.3 Propriedades estruturais e características químicas da SH.....	21
2.1.3.1 Ácido húmico	22
2.1.3.2 Ácido fúlvico.....	23
2.1.3.3 Humina	24
2.1.4 Compostagem.....	24
2.1.5 Aplicações das substâncias húmicas.....	26
2.1.6 Resultados de pesquisa com o uso de SH	30
2.2 Fertilizante organomineral	31
2.2.1 Resultados de pesquisa com fertilizante organomineral.....	36
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2	53
FERTILIZANTE ORGANOMINERAL E BIOESTIMULANTE NA SOJA	53
RESUMO.....	54
ABSTRACT	55
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	58
2.1 Local e características do solo da área experimental	58
2.2 Delineamento estatístico e parcela experimental.....	59
2.3 Tratamentos	60
2.4 Composição do bioestimulante	61
2.5 Semeadura e condução	61
2.6 Avaliações	62
2.7 Análise estatística.....	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64

4 CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
CAPÍTULO 3	82
FONTES E MODO DE APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA SOJA	82
RESUMO.....	83
ABSTRACT	84
1 INTRODUÇÃO	85
2 MATERIAL E MÉTODOS	87
2.1 Local e características do solo da área experimental	87
2.2 Delineamento estatístico e parcela experimental.....	88
2.3 Tratamentos	89
2.4 Composição dos bioestimulantes	91
2.5 Semeadura e condução	91
2.6 Aavaliações	92
2.7 Análise estatística.....	92
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
4 CONCLUSÕES.....	100
REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, o Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de produção de soja. Na safra de 2021/2022, em uma área plantada de 41,452 milhões hectares, produziu 125.552.300 toneladas, alcançando uma produtividade de 3.029 kg por hectare. Em relação à safra anterior a produção reduziu em 9,9 %, devido a uma severa estiagem ocorrida no sul do país, no final de 2021 (CONAB, 2021).

Organizações e instituições de pesquisa estão investindo cada vez mais em tecnologia, a fim de obter sustentabilidade na produção, ou seja, almejam obter incremento na produtividade com menor impacto ao meio ambiente (Alcântara; Porto, 2019).

Em meio a necessidade de obtenção de maiores produtividades, com o menor custo possível, é de extrema importância a busca por novas fontes de nutrientes ou promotores de crescimento que auxiliem no desenvolvimento da cultura, a fim de garantir altas produções para suprir a crescente demanda desta commodity. Em função disto, muitas pesquisas estão sendo realizadas acerca de compostos naturais e minerais, como os bioestimulantes, os quais tem ganhado destaque devido aos inúmeros benefícios proporcionados ao desenvolvimento das plantas (Bellé, 2021).

Os bioestimulantes são ferramentas promissoras, que consistem em substâncias, microrganismos ou a mistura de ambos, capazes de melhorar a eficiência nutricional das plantas, a qualidade dos alimentos e propiciar tolerância ao estresse abiótico, independente do seu teor de nutrientes (Carlett *et al.*, 2021; Du Jardin, 2015). São considerados bioestimulantes uma série de compostos, como por exemplo: substâncias húmicas, aminoácidos, hidrolisados de proteínas, carboidratos, produtos derivados de algas e bactérias promotoras de crescimento de raízes (Carlett *et al.*, 2021).

As substâncias húmicas (SHs) são subprodutos do processo de compostagem (Ho *et al.*, 2022), no qual ocorre transformações bioquímicas da matéria orgânica do solo. Tais substâncias são compostas por ácidos húmicos (AHs), ácidos fúlvicos (AFs) e matéria húmica (HU) (Yuan *et al.*, 2022). As SHs desempenham um papel fundamental na melhoria do solo, crescimento e desenvolvimento das plantas e produtividade das culturas (Guo; Liu; Wu, 2019).

O efeito das substâncias húmicas na planta é observado por meio de mudanças na arquitetura e morfologia do sistema radicular, biomassa, metabolismo e expressão gênica. As SHs estimulam a atividade H^+ -ATPase da membrana plasmática da raiz, a atividade do transportador de nutrientes, a sinalização de fitohormônios, as enzimas envolvidas

na assimilação de nitrogênio e a eficiência fotossintética, bem como, também induzem a regulação de espécies reativas de oxigênio (Castro *et al.*, 2021; García *et al.*, 2016).

O fertilizante organomineral consiste na associação entre fertilizantes minerais e orgânicos. A sua fração orgânica compostada colabora para o aumento da eficiência dos fertilizantes minerais, pois evita perdas dos nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação, logo, contribui para a redução dos custos com adubação e proporciona melhoria da qualidade do solo, como o aumento da CTC, atividade da biota, retenção de água e da aeração do solo, favorecendo a penetração e distribuição das raízes das plantas (Higashikawa; Menezes Júnior, 2017; Santos, 2022).

Diversos trabalhos têm sido realizados com o uso de bioestimulantes a base de substâncias húmicas e fertilizante organomineral, ambos testados de maneira isolada, a fim de avaliar sua eficácia em diferentes culturas. Contudo, diante dos inúmeros benefícios que a literatura demonstra acerca destas ferramentas, ainda demandam mais pesquisas científicas, principalmente quanto ao uso combinado do fertilizante organomineral com o bioestimulante a base de substâncias húmicas. Diante desta necessidade objetivou-se avaliar alguns atributos de crescimento da planta e rendimento da cultura da soja em função da aplicação via foliar e tratamento de sementes com bioestimulantes contendo substâncias húmicas, e do uso de fertilizante organomineral na semeadura em conjunto com um bioestimulante aplicado via foliar e em sulco de semeadura.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Substâncias húmicas

2.1.1 Origem

As substâncias húmicas (SHs), principais constituintes da matéria orgânica (*Mahler et al.*, 2021), são substâncias orgânicas naturais não vivas que estão presentes em ambientes terrestres e aquáticos em componentes como solo, água, depósitos orgânicos geológicos, que incluem sedimentos acumulados no fundo de lagos (sapropel), leonardita, turfa, lenhite e outros depósitos (Grinhut; Hadar; Chen, 2007; Kłeczek; Anielak, 2021). São componentes importantes dos sistemas terrestres e aquáticos. Elas constituem até 70% da matéria orgânica do solo, enquanto em sistemas aquáticos elas variam de 25% de carbono orgânico dissolvido (COD) em águas subterrâneas até 90% em pântanos (Lipczynska-Kochany, 2022). Estudos relataram que SH provenientes de ambientes terrestres têm uma reatividade maior do que em ambientes aquáticos (Ukalska-Jaruga *et al.*, 2021).

Os caustobiólitos do tipo carvão lenhite e leonardita são ricos em substâncias húmicas (Trckova *et al.*, 2018) e por isto são passíveis de serem usados como um componente indireto de fertilizantes (Kłeczek; Anielak, 2021). O primeiro também chamado de carvão marrom é considerado o nível mais baixo de carvão (carvão de baixa qualidade) (Kłeczek; Anielak, 2021; Trckova *et al.*, 2018) e suas reservas representam quase 45% das reservas globais de carvão (Cheng *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2018; Tahmasebi *et al.*, 2011; Karthikeyan; Zhonghua; Mujumdar, 2009). Consiste em uma rocha sedimentar carbonácea castanha com textura lenhosa, formada naturalmente a partir de turfa comprimida em profundidades rasas e temperaturas abaixo de 100 ° C (Trckova *et al.*, 2018).

A hidrofiliabilidade é a propriedade físico-química de maior destaque do lenhite, a qual se manifesta devido a presença de um grande número de grupos funcionais contendo oxigênio na superfície (como carboxila, hidroxila, carbonila e éter), que adsorvem moléculas de água, podendo formar pontes de hidrogênio e um filme de hidratação (Xia *et al.*, 2020).

A leonardita trata-se de uma reserva orgânica situada na crosta terrestre, a qual é formada naturalmente por um processo de sedimentação de detritos orgânicos durante milhares de anos (Coelho; Xavier; Pereira, 2020). Esta é uma forma oxidada de lenhite (Mógor; Mógor, 2022) decorrente da exposição de sua superfície, bem como representa sedimentos enriquecidos com SH, provenientes da lixiviação do solo superficial ou de depósitos de lignito subjacentes

(Arslan *et al.*, 2022; Trckova *et al.*, 2018). Este mineral natural também se trata de um carvão de baixo nível (Meng *et al.*, 2021), o qual possui de 30 a 80% de SH, sendo geralmente encontrado em regiões pouco profundas cobrindo o carvão mais compacto em uma mina de carvão (Mógor; Mógor, 2022).

A principal diferença entre a leonardita e a linhita é o maior teor de oxigênio da primeira em razão de possuir maiores quantidades de grupos funcionais ricos deste elemento (Arslan *et al.*, 2022), propiciando assim um elevado grau de oxidação (Arslan *et al.*, 2022).

As SHs são misturas naturais, complexas e heterogêneas de compostos orgânicos polidispersos, as quais são formadas a partir do processo de humificação, que envolve reações bioquímicas e químicas que ocorrem durante a decomposição e transformação de restos vegetais e microbianos (Kłeczek; Anielak, 2021; Mahler *et al.*, 2021). Tal processo orgânico só perde para a fotossíntese, a qual retém mais de 5.000 toneladas de carbono atmosférico a cada ano, enquanto o processo de transformação de organismos vivos mortos produz de cerca de 4.000 toneladas de carbono, coletadas anualmente na superfície da Terra (Weber, 2020).

Em condições naturais, a formação de substâncias húmicas demanda muitos anos e envolve reações biológicas e abióticas (Yang; Antonietti, 2020). A compostagem é um processo bioquímico em que diversos materiais orgânicos complexos são transformados por meio de microorganismos em substâncias húmicas (Wang *et al.*, 2017; Guo; Liu; Wu, 2019). Tal processo, tornou-se a melhor estratégia para o processamento de resíduos orgânicos, pois possibilita a reutilização de produtos finais estáveis e não tóxicos das substâncias húmicas, como fertilizante, permitindo a redução, reutilização e reciclagem de recursos (Wu *et al.*, 2022). Portanto, este produto de valor agregado pode ser utilizado com segurança para o cultivo de culturas (Ho *et al.*, 2022).

Os resíduos agroindustriais como: esterco de aves, bovinos, suínos, ovinos e de caprinos; restos culturais (palhas, cascas, frutos, e adubos verdes); tortas de filtro; bagaços, vinhaças, restos de curtumes e de centrais de abastecimento, depois de estabilizados ao final do processo de compostagem, possuem potencial de uso no meio agrícola, podendo melhorar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando, concomitantemente, as produtividades e rentabilidades das lavouras (Pires; Mattiazzi, 2008).

2.1.2 Composição das substâncias húmicas

As substâncias húmicas incluem as frações de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e a humina (HU). O AH é insolúvel em água sob condições fortemente ácidas ($\text{pH} < 2$), no entanto, solúvel em valores de pH mais elevados (solubilizado em condições alcalinas), assim, tal composto precipita facilmente após a acidificação da solução (Michalska *et al.*, 2022). Já o AF é solúvel em água em todos os valores de pH (solubilizado em meio alcalino e ácido), sendo capaz de adsorver compostos não iônicos, enquanto a humina, é insolúvel em água para qualquer valor de pH (não passível de extração em condições alcalinas) (Giwa *et al.*, 2022; Kłeczek; Anielak, 2021; Olk *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022a), devido a sua forte interação com a fração mineral por meio de ligações de hidrogênio (Mógor; Mógor, 2022). Contudo, por meio do uso de solventes polares apróticos como DMSO (dimetilsulfóxido) e ureia, as huminas podem ser obtidas e isoladas, pois estes são capazes de romper as ligações hidrogênicas com a fração mineral (Hayes; Swift, 2020).

Essas frações variam significativamente em seu tamanho molecular, composição química (incluindo complexidade de ramificação estrutural e conteúdo de frações funcionais redox-ativas) e propriedades (por exemplo: aromáticas, hidrofóbicas, polar e natureza polieletrólítica). A sua estrutura não é estática (imutável) às várias condições ambientais (por exemplo: força iônica, pH, presença de contra-íons), que afetam a forma e o tamanho de determinadas frações de SH (Michalska *et al.*, 2022).

A variabilidade na composição e estrutura da SH está associada aos compostos precursores e às condições ambientais sob as quais eles são formados (Trckova *et al.*, 2018). Por isto, estudos vem sendo feitos a fim de quantificar e detalhar melhor a composição de substâncias húmicas diversificadas proveniente de fontes distintas. Ukalska-Jaruga *et al.* (2021) ao coletarem amostras de 6 tipos de solo (Luvisols, Arenosols, Fulvisols, Cambissolos, Chernozems e Phaeozems) observaram em seus resultados que o conteúdo das frações individuais de SH foi extremamente diversificado e independente do conteúdo total de matéria orgânica. A substância húmica foi constituída por uma parte relevante de huminas, apresentando variação de 2,8 a 54,5 g kg⁻¹, em relação as substâncias húmicas (1,1–6,8 g kg⁻¹) e ácido fúlvicos (0,5–1,8 g kg⁻¹).

Wei *et al.* (2020) constataram que a composição química das substâncias húmicas, as quais são formadas por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina ligada ao ferro, humina combinada com argila e resíduo insolúvel de humina, em solos a granel classificados como Haplic Luvisols, Luvisols Crômico-Lépticos, Alisols Haplic, Alumi-Plinthic Acrisols, Alúmic

Plinthosols e Rhodi-Humic Ferrosols foi influenciada pelo tipo de solo, horizonte de perfil e sua interação ($p < 0,001$). A humina foi a fração predominante na composição da SH, a qual compôs mais de 65%, sendo o resíduo insolúvel de humina, que variou de 3,40 a 14,38 g kg⁻¹, o seu maior contribuinte (85%). Já os ácidos fúlvicos foram o segundo componente mais abundante para a maioria dos solos (8,27 ~3 0,92%), cuja variação foi de 0,68 a 5,96 g kg⁻¹. Em seguida, os ácidos húmicos foram o terceiro maior representante da composição química das SHs. No entanto, o AH, humina ligada ao ferro e resíduos de humina insolúveis apresentaram um comportamento decrescente de Haplic Luvisols para Aluminic Plinthosols.

2.1.3 Propriedades estruturais e características químicas da SH

As substâncias húmicas possuem peso molecular relativamente alto (Kłeczek; Anielak, 2021), entre 500–1.000.000 Da (Guo; Liu; Wu, 2019) e suas tonalidades variam do amarelo ao preto (Kłeczek; Anielak, 2021). A sua composição elementar média, independentemente de sua origem, é bastante consistente, cuja qual é composta em geral pelos elementos centrais: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e, em menor grau, enxofre (Michalska *et al.*, 2022; Nardi; Schiavon; Francioso, 2021). Geralmente, materiais como solo, estrume composto, leonardita, geram SHs com quantidade de carbono semelhante, embora possam diferir no conteúdo de hidrogênio, nitrogênio e oxigênio (Michalska *et al.*, 2022).

Estas substâncias são constituídas por um esqueleto aromático com estruturas periféricas compostas por cadeias alifáticas, que compreende principalmente grupos funcionais carbonila e carboxila e menos frequentemente hidroxila, amina, amida, sulfidril metoxi, metil, metileno, etenil, cetona, aldeído, éter, éster, enólico e frações de quinona (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021; Michalska *et al.*, 2022).

A origem e condições de extração das SHs influenciam em suas propriedades e estrutura, contudo, as propriedades médias das amostras de substâncias húmicas de diferentes fontes são notavelmente semelhantes (Kłeczek; Anielak, 2021). Bem como, as SHs extraídas do solo e ácidos húmicos são estruturalmente semelhantes entre si, independente da fonte de origem do carbono (C₃ ou C₄). As diferenças estruturais entre a fração SHs e as frações AH (frações solúveis) são decorrentes da sua conformação e/ou organização estrutural, ou seja, não há relação com a presença de estruturas (García *et al.*, 2016).

As SHs são consideradas aditivos ou modificadores em detrimento de seus grupos funcionais fenólicos (-OH) e carboxílicos (-COOH) altamente densos, bem como, grupos aldeído (-CHO) e cetona (-C(O)C-) distribuídos em vários grupos cíclicos, cadeias alifáticas e

aromáticas. Esses grupos funcionais altamente densos suportam a interação de componentes aquosos por meio de interação hidrofóbica, doador de elétrons-aceptor e ligação de hidrogênio (Giwa *et al.*, 2022). Os grupos funcionais mais predominantes nas SHs são os grupos carboxílicos, fenólicos e amino, os quais os dois primeiros grupos são os principais contribuintes para a sua acidez total (Guo; Liu; Wu, 2019), assim como, são os que mais contribuem para a carga superficial e reatividade das substâncias húmicas (Mahler *et al.*, 2021).

2.1.3.1 Ácido Húmico

Os ácidos húmicos apresentam cor castanho a cinzentos (Michalska *et al.*, 2022). Segundo Mahler *et al.* (2021) tanto os “ácidos húmicos cinzentos” (AHG), quanto os “ácidos húmicos marrons” (AHB) são solúveis em meio alcalino, no entanto, o AHG é solúvel em meio de baixa força iônica e o AHB independe da força iônica.

Os AHs são definidos como biopolímeros ricos em carbono altamente funcionalizados, sendo considerados a fração mais predominante e móvel da SH, com composição elementar variando de 37,2 a 75,8% de carbono, 7,9 a 56,6% de oxigênio, 1,6 a 11,7% de hidrogênio, 0,5 a 10,5% de nitrogênio e 0,1 a 8,3 % de enxofre (Michalska *et al.*, 2022). Por se tratarem de supramoléculas seu peso molecular varia de 10.000 a 100.000 Da (Guo; Liu; Wu, 2019). Enquanto, os seus tamanhos moleculares variam de 1×10^4 para 1×10^5 (Gautam *et al.*, 2021).

Os ácidos húmicos são formados principalmente por associações de compostos hidrofóbicos que são estabilizados em pH neutro por forças dispersivas hidrofóbicas como forças de Van der Waals, ligações π - π , ligações CH- π . Em pH mais baixo as suas as ligações de hidrogênio intermoleculares são mais floculadas, proporcionando o crescimento progressivo em tamanho, das conformações do AH (Mahler *et al.*, 2021).

Segundo García *et al.* (2016) a fração de ácido húmico extraída de histossolos e materiais que passaram pelo processo de compostagem possuem cadeia predominantemente aromática e alifática, com baixa funcionalização química (substituição por O e N), apresentando assim, compostos essencialmente recalcitrantes, enquanto a fração de substância húmica consiste predominantemente em estruturas funcionalizadas, o que faz dela mais lábil que o AH.

2.1.3.2 Ácido Fúlvico

Os ácidos fúlvicos são constituintes de associações de pequenas moléculas hidrofílicas com várias porções ácidas (Mahler *et al.*, 2021), cujas tonalidades variam de amarelo claros à amarelo-castanhos (Michalska *et al.*, 2022). Possuem pesos moleculares muito mais baixos, entre 600 a 1500 Da (Guo; Liu; Wu, 2019).

Tais ácidos possuem maior mobilidade e solubilidade quando comparado às demais frações de SH (Mahler *et al.*, 2021) e por esta razão são frequentemente reconhecidos como os componentes húmicos mais reativos (Michalska *et al.*, 2022).

Os ácidos fúlvicos de baixo peso molecular são caracterizados por menor aromaticidade e teor ligeiramente maior de oxigênio (16,9 a 55,8%), menores concentrações de carbono (35,1 a 75,7%), hidrogênio (0,4 a 7,9%), nitrogênio (0,5 a 8,2%), e enxofre (0,1 a 3,6%), em comparação ao AH de alto peso molecular (Mahler *et al.*, 2021). Bem como, contêm mais carbonos alifáticos, grupos carboxílicos (61,8 a 88,4%) (Melo *et al.*, 2016; Guo; Liu; Wu, 2019) e hidroxila (11,6 a 37,2%) (Michalska *et al.*, 2022), enquanto os AHs possuem mais carbono aromático (Melo *et al.*, 2016; Guo; Liu; Wu, 2019).

O AF, assim como o AH podem ser descritos por uma estrutura de modelo geral que consiste em uma rede de propriedades aromáticas estendidas de maneira diferente com cadeias de superfície alifáticas, glicosil, peptidil e lipídicas, juntamente com diferentes grupos funcionais químicos, incluindo carboxil, hidroxil fenólico e hidroxil alcoólico, e grupos carbonila com diferentes pontes aromáticas, de oxigênio, nitrogênio ou enxofre (Gong *et al.*, 2020; Senesi, 1990). Os ácidos fúlvicos apresentam maior teor de grupos carboxílicos e fenólicos em comparação aos ácidos húmicos, refletindo em uma elevada acidez total, enquanto os AHs têm um grau aromático mais alto (Guo; Liu; Wu, 2019).

Embora a composição do AF tenha sido relatada, faltam pesquisas sobre a construção da estrutura molecular do AF (Gong *et al.*, 2020). Cong *et al.* (2020) por meio de titulação química clássica, técnicas modernas de detecção química e modelagem molecular teórica usando software Gaussian 09W, ChemDraw, ChemBio3D e PeakFit, obteve-se que o AF possui fórmula química de $C_{38}H_{32}NO_{24}$, massa molecular relativa de 886 e contém grupos funcionais representativos, como grupos fenólicos hidroxila, carboxila, ceto e semiquinona, juntamente com vários anéis de benzeno conectados por ligações em ponte. O ácido fúlvico é uma classe biologicamente ativa de compostos de plataforma solúveis que exibem tamponamento ácido/base, fácil complexação e dissociação reversível.

2.1.3.3 Humina

Os complexos de humina, os quais possuem tonalidade negra (Michalska *et al.*, 2022) são considerados substâncias macroorgânicas em razão de seus grandes pesos moleculares que variam de 1×10^5 para 1×10^7 (MW). Esta fração é altamente resistente à decomposição em relação a todas as substâncias húmicas encontradas no solo (Gautam *et al.*, 2021).

A HU, a qual é a fração praticamente insolúvel, condensada e recalcitrante, consiste em betumes acoplados a HA e ácidos graxos (Michalska *et al.*, 2022). Por isto, apresentam maiores pesos moleculares quando comparado ao AH e AF. Tal fração possui aproximadamente de 48,3 a 61,6% de carbono, 28,8 a 45,1% de oxigênio, 7,3 a 14,2% de hidrogênio, 2,9 a 6,0% de nitrogênio e 0,1 a 0,9% de enxofre (Mahler *et al.*, 2021).

2.1.4 Compostagem

A compostagem é um processo aeróbico em que materiais degradáveis complexos são transformados em subprodutos orgânicos e inorgânicos por meio de microrganismos. As substâncias húmicas são subprodutos deste processo, no entanto, diferem se daquelas encontradas em solos nativos, carvões e turfas (Ho *et al.*, 2022).

O processo de compostagem possui quatro fases: mesofílica, termofílica, resfriamento e maturação (Meena *et al.*, 2021). Na primeira fase ocorre a degradação de compostos como açúcares e proteínas (fácil de degradação) por meio de fungos, actinobactérias e bactérias. Já na segunda etapa há eliminação de patógenos e parasitas, devido ao aumento da temperatura ($>45^\circ\text{C}$), garantindo condições sanitárias máximas. Em seguida na terceira fase ocorre um aumento de organismos que degradam amido ou celulose, em função da diminuição da temperatura, e por fim na fase de maturação a pilha de compostagem é estabilizada (Ho *et al.*, 2022).

A duração do processo de compostagem é afetada por diversos fatores como o pH do composto, a relação C/N, umidade, natureza da matéria-prima, disponibilidade de oxigênio e tecnologia de compostagem (Ho *et al.*, 2022).

A compostagem é uma forma ecologicamente correta, de baixo custo e altamente eficiente no tratamento de resíduos orgânicos, que além de transformar rapidamente os resíduos orgânicos em biofertilizantes, também elimina substâncias nocivas, como ácido úrico, amônia, patógenos e entre outros (Quian *et al.*, 2016, Wang *et al.*, 2022), bem como imobiliza metais pesados, reduzindo sua toxicidade (Wang *et al.*, 2022).

Para a obtenção de uma compostagem de alta eficiência é essencial a utilização de materiais como agentes de volume (palha, serragem, talo de colheita e entre outros), no entanto, estes são constituídos por substâncias lignocelulósicas recalcitrantes, as quais necessitam de um maior tempo de compostagem, confere maturidade incompleta e baixa eficiência de fertilizantes (Wu *et al.*, 2020). Por isto, também é essencial uma alta abundância e atividade de microrganismos funcionais para melhorar a eficiência na transformação dos resíduos (Wang *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2019).

A lignina é um polímero fenólico irregular, reticulado aleatoriamente, composto por três monômeros de fenilpropano diferentes conectados por ligações C-C e ligações éter. Tal substância envolve firmemente a celulose juntamente com a hemicelulose por meio de uma ligação química, que dificulta a degradação microbiana da celulose e da hemicelulose durante a compostagem. Portanto, para melhorar a maturidade e a estabilidade da compostagem é de extrema importância eliminar esta barreira da lignina (Li *et al.*, 2021).

Em vista disso, têm sido utilizados agentes microbianos constituídos de microrganismos funcionais, a fim de melhorar a eficiência e encurtar o ciclo da compostagem, melhorar a qualidade do produto do composto e reduzir as preocupações ambientais relacionadas (Qiu *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022). Diversos estudos foram feitos acerca do uso de microrganismos e sua maquinaria enzimática na aceleração do processo de compostagem (Medina-Buelvas *et al.*, 2023).

O uso de microrganismos celulíticos vem sendo estudado devido a sua capacidade de quebrar a celulose do material vegetal em subunidades menores, as quais são degradadas mais facilmente, resultando em uma transformação mais eficiente e acelerada do material de compostagem. Já os microrganismos lignolíticos apesar de não mineralizarem completamente a celulose, a deixam em estado intermediário de decomposição e posteriormente repolimerizam esses compostos formando as substâncias húmicas, as quais são resultado da estabilização da matéria orgânica em moléculas recalcitrantes, fator importante em um condicionador de solo (Medina-Buelvas *et al.*, 2023).

Medina-Buelvas *et al.* (2023) observaram em seu trabalho que o fungo *Pleurotus spp* acelerou marcadamente o processo de compostagem e o rendimento do composto obtido de resíduos vegetais provenientes de podas na área urbana. Bem como, o fertilizante obtido estimulou notavelmente a altura, peso, área foliar, biomassa foliar e outros parâmetros das mudas de milho, contribuindo para um maior desenvolvimento das plantas.

Segundo Wu *et al.* (2022) a inoculação da bactéria termotolerante degradadora de lignina alcalina *Aneurinibacillus* sp. LD3 em resíduos alimentares, promove a humificação,

maturidade e melhora a qualidade dos produtos de compostagem, acelerando a decomposição da matéria orgânica e lignocelulose e a formação de estruturas aromáticas.

2.1.5 Aplicações das substâncias húmicas

As substâncias húmicas são importantes agentes influenciadores das propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente em função das suas características estruturais e capacidades superiores. Desta maneira são conhecidas por suas ações multidirecionais, sendo passível de ser utilizada na produção agrícola e industrial, bem como, na remediação ambiental. Portanto, devido aos inúmeros efeitos positivos promovidos pelas SHs no solo e nas culturas sem causar dano ao meio ambiente, às tornam uma solução sustentável para a produção agrícola (Michalska *et al.*, 2022).

Em detrimento das várias porções orgânicas presentes em SHs estarem envolvidas na mediação redox, doação/ aceitação de elétrons, adesão e acidez, as substâncias húmicas são responsáveis por induzir diretamente muitas reações bióticas e abióticas, que contribuem para a respiração microbiana, fertilidade do solo, transformação xenobiótica e biodisponibilidade de metais (Jung *et al.*, 2022).

As substâncias húmicas podem formar complexos entre íons de metais pesados e AH, bem como entre íons metálicos (Cu, Zn, Mn, Fe, Au, Al e Se) e AH, afetando sua disponibilidade (Giwa *et al.*, 2022; Taubayeya *et al.*, 2014). A presença de grupos carboxilato e fenolato permitem que os ácidos húmicos formem complexos (quelatos) com íons como Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} e Fe^{3+} , os quais representam um importante papel biológico dos AHs na regulação da biodisponibilidade de íons metálicos (Mahler *et al.*, 2021). Tais sítios quelantes (grupos funcionais) a base de oxigênio evita a lixiviação de vários nutrientes metálicos de grande importância para as plantas (Jung *et al.*, 2021).

Assim, a utilização de substâncias húmicas, juntamente com o auxílio de processos de sorção é bastante promissora na purificação de água de íons de metais pesados. As SHs contribuem para o aumento da sorção, pois constituem uma mistura de substâncias de alto peso molecular com estruturas complexas substituídas por diferentes grupos funcionais e estruturas químicas. A sua modificação química pode torná-las capazes de formar complexos estáveis com cátions de metais pesados (Giwa *et al.*, 2022; Taubayeya *et al.*, 2014).

A imobilização de metais pesados no solo por SHs é semelhante ao processo de remoção de metais pesados de águas residuais, no qual são utilizados AHs. Tal processo no solo é de

extrema importância, já que reduz a biodisponibilidade de metais para as plantas, reduzindo o risco de intoxicação (Yang; Antonietti, 2020).

As SHs, devido a sua capacidade de sorção, também são capazes de se ligar a compostos orgânicos, além dos cátions metálicos, por meio das ligações $\pi - \pi$, do efeito hidrofóbico e das ligações de hidrogênio. Em função da sua natureza aromática, estas substâncias são aglutinantes eficazes para alguns poluentes orgânicos persistentes (POPs), por exemplo, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) (Kłeczek; Anielak, 2021).

O ácido húmico devido principalmente aos seus grupos funcionais redox-ativos (amidogênio-, hidroxil-, carboxil-, mercaptan-, amida-, e grupos do tipo quinona) é capaz de doar ou receber elétrons. As quinonas são as principais aceptoras de elétrons em AH, enquanto compostos fenólicos (ou seja, aromáticos mono e dihidroxilados) são considerados doadores de elétrons. Desta maneira, a capacidade redox do AH controla processos importantes, como respiração anaeróbica, redução anaeróbica de Fureiae(III) e destino de poluentes no solo (Cui *et al.*, 2022).

De acordo com Yang e Antonietti (2020) a atividade redox dos ácidos húmicos está principalmente relacionada aos sítios fenólicos da fração de lignina, a qual compõem cerca de 30% na maioria das matérias húmicas.

Os grupos oxidados em AH, sob condições anaeróbicas, são passíveis de serem receptores de elétrons de substâncias redutoras (como H_2S) ou metabólitos de microrganismos (como bactérias redutoras de ferro, redutoras de sulfato e fermentadoras), bem como, posteriormente o AH reduzido pode doar elétrons para metais pesados, como U(VI), Cu(II) e Cr (VI) (Huang *et al.*, 2021) ou poluentes orgânicos (como compostos clorados, nitrobenzeno e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos- PAHs), reduzindo assim o risco ambiental dos poluentes (Cui *et al.*, 2022).

Outra preocupação para o setor da agricultura é gerenciar a emissão de gases de efeito estufa (GEE). O uso de SH pode ser uma alternativa, já que tem a capacidade de aceitar elétrons envolvidos na metanogênese, resultando na mitigação da emissão de gás metano em turfas (Jung *et al.*, 2021).

Existem outras possibilidades de uso das SHs, em função de suas propriedades de sorção e capacidade de troca iônica, que são: a sua utilização para reduzir a salinidade do solo (limitando a concentração de Cl^- e NO_3^-) para melhorar a eficiência da fertilização (estabilização de minerais, evitando a descarga de águas subterrâneas) e na promoção de desintoxicação (Kłeczek; Anielak, 2021).

A aplicação de substâncias húmicas melhora a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (Michalska *et al.*, 2022), bem como, suas propriedades tampão contribui para a manutenção de um pH específico do solo, além de sua coloração escura melhorar as propriedades térmicas dos solos, já que proporciona uma maior absorção de luz solar (Kłeczek; Anielak, 2021).

As propriedades do solo, como permeabilidade e a capacidade de retenção de água também são melhoradas com a adição de SHs (Yang; Antonietti, 2020), em função do caráter poroso e hidrofiliidade parcial destes compostos (Guo; Liu; Wu, 2019; Michalska *et al.*, 2022). Bem como, os compostos húmicos podem alterar significativamente a textura do solo, pois estão intimamente envolvidos na formação e estabilidade dos agregados, já que estes formam agregados maiores, porosos e estáveis à água, contribuindo para diminuição da cimentação do solo, tornando-o mais resistente ao endurecimento (Michalska *et al.*, 2022; Yang; Tang; Antonietti, 2021). Isto ocorre devido à formação de complexos húmus-polivalentes metal-argila entre grupos funcionais ativos de partículas húmicas e cátions polivalentes de superfície de minerais argilosos (por exemplo, Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+}), que por sua vez, contribuem para diminuir a erosão e lixiviação de carbono e nitrogênio no solo (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021).

As SHs além de influenciarem as propriedades do solo (físicas e químicas), também melhoram sua fertilidade (Yang; Antonietti, 2020). Elas podem inibir a precipitação de minerais de fosfato, aumentar a biodisponibilidade de P, pois competem com o fosfato pelos sítios de ligação nas superfícies minerais, aumentando a solubilidade do P no solo, e aumentar a disponibilidade de micronutrientes (Yang *et al.*, 2019, Yuan *et al.*, 2022).

O fósforo torna-se mais disponível às plantas em solos com SHs, pois tais substâncias apresentam grupos funcionais à base de oxigênio, que acidificam o meio e tal macronutriente tem maior solubilidade em condições ácidas (Jung *et al.*, 2021). Por exemplo, o ácido húmico artificial (A-AH) produzido a partir de biomassa bruta, pelo processo de humificação hidrotérmica foi capaz de transformar minerais de fosfato insolúveis em P disponível, contribuindo assim para melhorar a fertilidade do solo e promover o crescimento das plantas (Yang *et al.*, 2019).

Para as culturas, as SHs podem ser usados como pesticidas naturais em função de conseguirem suprimir vários fitopatógenos do solo e minimizar a toxicidade de produtos químicos (Guo; Liu; Wu, 2019; Mehta *et al.*, 2014).

A substância húmica pode atuar como moléculas sinalizadoras na rizosfera, as quais liberam hormônios e substâncias semelhantes a hormônios ou promovem a sua produção no

sistema planta/ microrganismo (Nardi; Ertani; Francioso, 2017). Afirmar-se que as substâncias húmicas agem como auxinas exógenas. Desta forma, são responsáveis por regular o crescimento e a morfologia das raízes, visando a indução cruzada da geração de H^+ -ATPase e óxido nítrico (NO) da membrana plasmática da raiz (PM). Assim como H^+ -ATPase da PM da raiz, a H^+ -ATPase vacuolar e H^+ -piro-fosfatase são ativados pelas SHs de forma semelhante. A atividade da H^+ -ATPase da PM da raiz, mediada pelo uso de SH, também se mostrou importante para um maior desenvolvimento da parte aérea (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021).

A SH atua de maneira benéfica na raiz, promovendo seu alongamento e estimulando processos de diferenciação precoce na ponta da raiz e na zona primária. Os padrões de diferenciação precoce podem se desenvolver no cilindro central ou no córtex, dependendo da fração de SH. Desta maneira, influenciam na condutividade da água e na intensidade do fluxo de nutrientes, propiciam aumento do diâmetro da raiz e armazenamento de recursos (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021; Pizzeghello *et al.*, 2020). Além das modificações proporcionadas pelas SHs à estrutura radicular, tais substâncias também podem induzir a emergência radicular lateral e pelos radiculares (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021).

Garcia *et al.* (2016) comprovaram que a fração SH mais lábil e funcionalizada é responsável pela emissão radicular, enquanto a fração AH mais recalcitrante e menos funcionalizada induzem ao alongamento radicular. Para a promoção de estímulo radicular é necessário baixas concentrações de estruturas lábeis, no entanto, para estruturas recalcitrantes é preciso concentrações mais altas, a fim de promover estímulo semelhante.

As substâncias húmicas contribuem de maneira positiva para o crescimento das plantas, possivelmente devido à efeitos indiretos, como aumento da eficiência na adubação e redução da compactação do solo, ou à efeitos diretos, como melhorias na biomassa vegetal. Tais substâncias também podem melhorar o metabolismo e a absorção das plantas, como dos nutrientes N, P e K (Mahler *et al.*, 2021), devido aumentarem a permeabilidade da membrana celular (Guo; Liu; Wu, 2019). O nitrogênio é responsável pela formação de aminoácidos, proteínas, enzimas e nucleotídeos, o que garante melhor crescimento e funcionamento das plantas (Mahler *et al.*, 2021). Portanto, as diferentes frações de substâncias húmicas podem proporcionar melhorias estruturais e fisiológicas às plantas (Mahler *et al.*, 2021), bem como, conferir uma certa tolerância à diferentes tipos de estresse, em razão das SHs melhorarem o estado nutricional das plantas, por meio do aumento da eficiência e absorção de nutrientes, e estímulo do metabolismo primário e secundário, mantendo a qualidade da produção (Mógor; Mógor, 2022).

Desse modo, visto que a aplicação de SHs via composto pode melhorar o enraizamento, o crescimento das plântulas, uso de nutrientes das plantas e a germinação das sementes, tais substâncias podem ser uma alternativa de uso aos reguladores sintéticos de crescimento de plantas (Guo; Liu; Wu, 2019).

2.1.6 Resultados de pesquisa com o uso de SH

O uso de SHs é de grande interesse na agricultura, visto que são fertilizantes orgânicos ecologicamente corretos, capazes de aumentar a produtividade das culturas e a qualidade do solo. Embora as SHs dificilmente contenham nutrientes NPK disponíveis para as plantas, tais substâncias atuam como corretivos do solo e estimulantes de plantas, papéis estes que são apoiados pelo aumento do crescimento das plantas (Jung *et al.*, 2021).

Diferentes estudos em diversas culturas vêm sendo realizados e constatado por parte dos pesquisadores a recorrente capacidade das substâncias húmicas de promoverem o desenvolvimento e o crescimento das plantas (Yuan *et al.*, 2022). No entanto, o seu desempenho na promoção do crescimento vegetal depende de inúmeros fatores como: a fonte, dose, conteúdo em moléculas bioativas, peso molecular da fração húmica e modo de aplicação. Embora a fonte de origem destas substâncias seja de grande importância em função de ditar a abundância, os grupos funcionais ativos e as propriedades estruturais presentes; a dose aplicada e a concentração de moléculas bioativas específicas são fatores que maximizam os efeitos positivos no crescimento da planta (Nardi; Schiavon; Francioso, 2021).

Maji *et al.* (2017), em seu trabalho testaram o efeito de diferentes fertilizantes (vermi-composto normal, vermi-composto a base de AH, fertilizante químico) sobre a cultura de ervilha (*Pisum sativum* cv. Bonneville) em relação ao controle (sem aplicação). Neste estudo verificaram que as plantas tratadas com vermi-composto a base de AH obtiveram melhor peso, altura da parte aérea e da raiz em comparação com os demais tratamentos. Bem como, apresentaram aumento da nodulação, sendo notado um aumento de 45,49% sobre o controle e 68,84% sobre o fertilizante químico e 33,50% sobre o vermi-composto normal. Também foi observado que as plantas tratadas com vermi-composto a base de AH produziram 109,17% e 26,15% mais biomassa de brotos em relação ao controle e vermi-composto normal, respectivamente.

Em estudo realizado por Yuan *et al.* (2022) foi avaliada características morfológicas na cultura de milho para diferentes tratamentos, com aplicação de ácido húmico artificial (A-AH),

ácido fúlvico húmico artificial (A-AF), ácido húmico comercial (C-AH), juntamente com um fertilizante fosfatado, apenas fertilizante fosfatado (CK + P) e o controle (CK – sem adição de fertilizante fosfatado e SH). Foi concluído que no solo com adição de C-AH e A-AH, a área foliar e o comprimento da folha das mudas de milho aumentaram significativamente em comparação com o tratamento apenas com fertilizante fosfatado (CK + P). Também foi verificado que os tratamentos C-AH, A-AF e A-AH (na dose de 450 mg/kg) aumentaram visivelmente o peso seco dos brotos, quando comparados com o tratamento CK + P.

Antón-Herrero *et al.* (2022) ao comparar a eficácia de fertilizantes com atividade bioestimulante à base de ácidos húmicos com fertilizantes minerais convencionais aplicados em plantas de pimentas cultivadas em casa de vegetação, verificaram que o fertilizante húmico promoveu teores nutricionais e produção de frutos semelhantes à adubação inorgânica convencional. Lüdtke *et al.* (2021) ao avaliarem altura da planta, número de folhas, diâmetro e comprimento da raiz da cultura de alface também constataram que os bioestimulantes à base de SH (AH e AF) apresentaram desempenho semelhante ao fertilizante mineral em relação à produção de alface em um Argissolo agrícola.

Muscolo *et al.* (2022) observaram em seus resultados que as substâncias húmicas propiciaram um maior aumento da biomassa de calos de *Pinus Laricio* em relação ao controle (sem aplicação de SH e hormônios) e um tratamento com hormônios. Também verificaram que o crescimento de calos foi melhor com a utilização de substâncias húmicas extraídas de biomassas frescas compostadas, as quais possuíam baixa aromaticidade e grande hidrofiliçidade, do que com os materiais isolados do solo e de fontes geoquímicas, como linhito e leonardita.

2.2 Fertilizante Organomineral

O cultivo de plantas agrícolas é extremamente dependente de fertilizantes e possui boa demanda destes para alcançar grandes produtividades. A previsão que o Brasil importará cerca de 85% de seus fertilizantes até 2035, representando aproximadamente 52,5 milhões de toneladas de NPK. (Farias *et al.*, 2020), ou seja estará refém das flutuações de preços do mercado internacional de fertilizantes (Rodrigues *et al.*, 2022).

Em vista disto, desenvolver e produzir novos fertilizantes é uma estratégia para o agronegócio (Grohskopf *et al.*, 2020), como por exemplo o fertilizante organomineral, o qual consiste em uma mistura de fertilizantes minerais e resíduos orgânicos decompostos, que

atualmente é uma alternativa para diminuir as perdas de nutrientes e a demanda de fertilizantes sintéticos no sistema de produção agrícola (Ferreira *et al.*, 2022).

A formulação de fertilizante organomineral por meio de processos industriais que irão combinar fertilizantes inorgânicos com fontes de nutrientes orgânicos é uma alternativa promissora (Sakurada *et al.*, 2016; Smith; Wilson; Pagliari, 2020), que surgiu para contornar as limitações dos fertilizantes minerais ou orgânicos (Borges *et al.*, 2019; Mumbach *et al.*, 2020). Assim, ao combinar ambos (fonte orgânica e mineral), tal composto é passível de melhorar a eficiência de utilização de nutrientes (Borges *et al.*, 2019; Mumbach *et al.*, 2020).

A utilização de resíduos para formulação de fertilizantes organominerais é uma solução para recuperar componentes importantes dos fertilizantes (Chojnacka; Moustakas; Witek-Krowiak, 2020). Bem como, promove a reutilização de nutrientes que são essenciais as plantas, além de seu uso como fertilizantes poder ser mais barato do que os custos associados ao descarte dos resíduos (Antille *et al.*, 2013; Ngo *et al.*, 2022). A substituição de matérias-primas convencionais por materiais alternativos também contribui para redução das emissões de gases de efeito estufa gerados durante a mineração e processamento de fosfato e potássio e produção de fertilizantes (principalmente os nitrogenados) (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021).

O Brasil produz cerca de 800 milhões de toneladas por ano de resíduos orgânicos (considerando atividades urbanas, agroflorestais e industriais), que poderiam ser utilizados na fertilização do solo. Por exemplo, a exclusiva utilização de dejetos confinados de aves, suínos e bovinos reciclaria 267.000 t ano⁻¹ de P nas lavouras brasileiras, sendo a maior contribuição (93%) desse recurso secundário de P atribuído ao esterco suíno e de aves. (Withers *et al.*, 2018).

De acordo com a Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020, do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), a qual estabelece regras sobre as definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura; os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais serão classificados de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção em classe A ou B (MAPA, 2020).

O fertilizante organomineral classe A utiliza matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos

por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura (MAPA, 2020).

Já o fertilizante organomineral classe B utiliza em sua produção quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura (MAPA, 2020).

Dentre a categoria de esterco animal, o estrume de aves tem sido o mais utilizado na produção de fertilizantes organominerais, devido a sua maior densidade de nutrientes, característica esta, que possibilita o uso de menores quantidades de fertilizantes inorgânicos para a produção de um fertilizante organomineral mais balanceado (Smith; Wilson; Pagliari, 2020). O uso combinado de materiais orgânicos (cama de frango) com fertilizantes inorgânicos têm efeitos semelhantes ou maiores no crescimento das plantas em comparação com o uso exclusivamente de fertilizantes inorgânicos (Crusciol *et al.*, 2020 ; Frazão *et al.*, 2019). Tal resultado ocorre porque a fonte mineral fornece os nutrientes de imediato para a cultura, suprimindo sua demanda no estágio inicial de desenvolvimento, em que o sistema radicular ainda está incipiente, e as fontes orgânicas fornecem os nutrientes de forma gradual ao longo do ciclo da planta (Ngo *et al.*, 2022).

A vinhaça da cana de açúcar é outro resíduo orgânico passível de ser utilizado como insumo para a produção de fertilizantes organominerais, pois possui grande potencial, devido a presença de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (Carpanez *et al.*, 2022). Apesar da vinhaça de cana-de-açúcar já ser aplicada via fertirrigação nos canaviais das indústrias sucroalcooleiras, o seu reaproveitamento seria mais viável do ponto de vista ambiental, bem como proporcionaria outras vantagens, ao ser convertida em fertilizante organomineral, porque diminuiria os riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos, facilitaria o transporte e manuseio, tal fertilizante organomineral possui baixa variabilidade em sua composição e promoveria melhor distribuição do potássio em áreas fora do raio econômico (Carpanez *et al.*, 2022).

Gurgel *et al.* (2015) ao avaliarem o fertilizante organomineral, conhecido comercialmente como BIOFOM, o qual é produzido com resíduos da indústria sucroalcooleira (vinhaça concentrada, torta de filtro, cinza de caldeira e fuligem de chaminés), complementado com fertilizantes minerais, constataram que os fertilizantes organominerais de vinhaça mista

(melaço + caldo de vinhaça) com 30% e 45% de sólidos totais e os de melaço de vinhaça com 45% de sólidos totais, com ajustes nas quantidades de adubo mineral, dependendo da planta cultivada, podem ter o mesmo desempenho que o adubo mineral.

Outra matéria prima alternativa para a produção de fertilizantes organominerais é o lodo de esgoto, o qual possui nutrientes como N, P, Ca, Fe, Zn e Cu, além de ser rico em matéria orgânica (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021), a qual representa 50% de sua fração sólida (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2017). A matéria orgânica influencia as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, atuando na melhora da porosidade, aumento da retenção e movimentação de água, possui componentes que auxiliam a agregação do solo, assim como, promove a decomposição de substâncias e estabelece o equilíbrio microbiano (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2017).

Os fertilizantes organominerais a base de lodo de esgoto além de permitir a reciclagem matéria orgânica e nutrientes (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021), propiciando uma melhora da fertilidade do solo quando aplicados, estes também solucionam parcialmente o problema com uma quantidade crescente de resíduos e subprodutos, e podem reduzir significativamente os custos de disposição de lodo de esgoto (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2017), já que a fabricação de fertilizantes organominerais é uma solução simples e de baixo custo para o gerenciamento de lodos de esgoto de pequenas e médias estações de tratamento de efluentes (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021).

A cinza da cama de frango apresenta um teor total de nutrientes ($P_2O_5 + K_2O$) de 43,4%, além de ser rico em nutrientes secundários e micronutrientes benéficos para o crescimento das plantas. Por isto, também possui alto potencial para ser usado na produção de um fertilizante organomineral (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021). Os pesquisadores Kominko, Gorazda e Wzorek (2021) confeccionaram fertilizantes organominerais a base de lodo de esgoto, cinza de cama de frango e adubo mineral, em que resultaram em um adubo multicomponente com fórmula adequada às exigências nutricionais das culturas de milho e girassol, ricos em nutrientes secundários (Ca, S, Mg), micronutrientes (Fe, Zn, Cu, B) benéficos para o crescimento das plantas, e matéria orgânica, que enriquece o solo.

Os fertilizantes organominerais apresentam características como: concentrações de nutrientes conhecidas e estáveis, tamanhos de partícula homogêneos e taxas de liberação de nutrientes melhoradas, que facilitam seu manejo e aplicação em campo (Sakurada *et al.*, 2016; Smith; Wilson; Pagliari, 2020). Contudo, suas propriedades químicas são dependentes do processo de fabricação, ao contrário dos fertilizantes químicos, que são fixas ou específicas. Por exemplo, o fertilizante fosfato monoamônico (MAP) possui composição química de 11%

N e 52% PO, o fertilizante fosfato diamônio (DAP) apresenta 18% N e 46% PO, e a ureia fornece 46% N. Enquanto os fertilizantes organominerais são produzidos com proporções variadas de nutrientes, sendo assim, cada produto pode ser diferente (Smith; Wilson; Pagliari, 2020).

Conforme a Instrução Normativa do MAPA nº 61, de 8 de julho de 2020, Capítulo II, Seção II, subseção IV, art. 9º, a qual estabelece teores mínimos de nutrientes e outras garantias e exigências para os fertilizantes organominerais sólidos ou líquidos para aplicação no solo ou fertirrigação, estes devem apresentar mínimo de 8% de carbono orgânico para produto sólido e 3% para produto líquido; umidade máxima de 20% para produto sólido; CTC mínima de 80 mmolc/kg para produto sólido; mínimo ou igual a 5% de misturas de macronutrientes primários (somatório NPK, NP, NK ou PK), podendo a estes produtos ser adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes; já para as misturas exclusivas de macronutrientes secundários deve conter mínimo ou igual a 3% (somatório Ca+Mg+S; Ca+Mg; Ca+S ou Mg+S); para as misturas exclusivas de micronutrientes deve ter somatório mínimo de dois ou mais micronutrientes igual a 3%. Os fertilizantes organominerais que contenham misturas exclusivas de macronutrientes secundários com micronutrientes o somatório mínimo dos nutrientes deve ser igual a 5%; e para os produtos que contenham apenas um macronutriente primário adicionados de macronutrientes secundários, micronutrientes ou ambos o somatório mínimo de todos os nutrientes deve ser igual a 5% (MAPA, 2020).

Os biofertilizantes de natureza física sólida podem ser granulados, mistura de grânulos, pó, farelado ou pallet. O produto granulado é constituído de partículas em que cada grânulo contém todos os elementos declarados ou garantidos; já a mistura de grânulos cada grânulo não necessariamente contém todos os elementos. O pellet é constituído de frações moldadas, em que cada fração possui todos os elementos declarados ou garantidos do produto (MAPA, 2020).

Os fertilizantes organominerais granulados apresentam certas vantagens em relação aos fertilizantes orgânicos e minerais, como: contém todo o complexo de nutrientes essenciais; não contém microflora patogênica, sementes de plantas infestantes, ovos e larvas de patógenos; podem ser aplicados por máquinas da localidade; não aderem, não estão sujeitos a auto aquecimento e autoignição; prazo de validade não é limitado; a abertura da embalagem não impacta praticamente em suas propriedades; ecologicamente correto; não possui cheiro forte e desagradável; não é tóxico e nem nocivo em contato com a pele (Klyosov; Orekhovskaya, 2021).

Existem parâmetros físicos como resistência mecânica, densidade aparente, distribuição granulométrica e higroscopicidade que devem ser analisados, pois são importantes para o

armazenamento, transporte e aplicação de fertilizantes (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021). Uma maneira de evitar a absorção de umidade do ar pelos fertilizantes é controlar as condições de carregamento e armazenamento (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021), bem como, utilizar fertilizantes revestidos (revestimento físico e químico) ou encapsulados, que reduzem consideravelmente a sua higroscopicidade (Elzaki; Zhang, 2016), porém tal tecnologia aumenta o custo de produção dos fertilizantes (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021).

2.2.1 Resultados de Pesquisa com Fertilizante Organomineral

Ferreira *et al.* (2022) ao testar quatro doses de fertilizante organomineral (25, 50, 75 e 100% da demanda de adubo mineral), uma dose de aplicação de adubo mineral (100% da demanda de fertilizantes) e a testemunha (sem aplicação de fertilizantes) na cultura da batata, constataram que aplicação de organominerais aumentou linearmente a produção total de batata de 38 t ha⁻¹ (sem aplicação de fertilizantes) para 62 t ha⁻¹ (com aplicação de 100% de fertilizante organomineral), representando um aumento de 63%.

Também foi observado que o pH do solo e o teor de sólidos solúveis foram afetados positivamente pelas aplicações de organominerais, com valores variando de 6,1 a 6,4 e de 3,4 a 4,0° Brix, respectivamente. Tais características apresentaram correlação positiva com o rendimento total, indicando aumento na quantidade e qualidade dos tubérculos.

Já Silva *et al.* (2022b) ao avaliarem o crescimento e a resposta à adubação de organominerais (nas doses de 40%, 60%, 80%, 100% e 120%, conforme recomendação de adubação para a cultura), bem como a redução das doses em relação à adubação convencional na cultura da batata, notaram que os fertilizantes organominerais nas doses de 60% e 80% promoveram maiores acúmulos de massa seca foliar quando comparados aos demais tratamentos. Também constataram que o aproveitamento de 40% da quantidade de nutrientes fornecida pela adubação mineral via organomineral não difere significativamente da produção obtida com adubação mineral na dose recomendada para a cultura. Portanto, o uso de fertilizantes organominerais, mesmo na menor dose, pode ser uma alternativa na redução do uso de fontes minerais, minimizando a poluição do meio ambiente.

Foi verificado por Sales *et al.* (2022) ao avaliarem os índices fisiológicos de plantas de quiabeiro sob adubação organomineral irrigadas com água salgada, que a adubação organomineral atenua parcialmente os efeitos negativos do estresse salino na cultura do quiabo.

Verruma-Bernardi *et al.* (2021) verificaram que a adubação organomineral promoveu produção mais destacada de folhas de couve crespa, independente da época de colheita, com

médias superiores de massa fresca em relação aos demais tratamentos, bem como, proporcionou um aumento significativo no rendimento, ao testarem em seu experimento o efeito da utilização de três adubos orgânicos (dois da classe A e um da classe B) e um organomineral (classe B) sobre a produtividade, características microbiológicas e físico-químicas da couve crespa.

Benites *et al.* (2022) constataram que os fertilizantes organominerais aplicados na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fertilizante organomineral a base de cama de frango crua e passada pelo processo de compostagem) proporcionaram rendimento acumulado de grãos de soja superiores à aplicação do MAP, sendo a produção média em 5 safras de 55,0 e 55,6 kg de soja para cada kg de P₂O₅ aplicado, para fertilizante organomineral de cama de frango crua e fertilizante organomineral compostado, respectivamente. Estes valores significam um ganho médio de produtividade de 7,8 e 9,0%, respectivamente, sobre a adubação com MAP (51,0 kg de soja para cada kg de P₂O₅ na dose de 60 kg ha⁻¹ P₂O₅). Os mesmos autores também encontraram concentrações de P nas folhas semelhantes para as fontes utilizadas, independente da época de colheita, mostrando que o fertilizante organomineral pode substituir com sucesso o fertilizante mineral na mesma dose de P para a nutrição das culturas.

Também para a cultura da soja, Silva *et al.* (2020) verificaram maiores peso da massa bruta de raízes aos 30 dias após a semeadura (DAS) com a aplicação do fertilizante organomineral a base de lodo de esgoto nas doses de 100 e 125% (em relação à dosagem recomendada) e com torta de filtro nas doses de 50 e 75%. Para variável massa seca do caule avaliada também aos 30 DAS, todas as dosagens do fertilizante organomineral formulado com torta de filtro promoveram maiores valores em relação aos tratamentos com ou sem adubação mineral, enquanto que para o fertilizante formulado com lodo de esgoto, as doses de 75% e 100% promoveram melhores resultados em relação aos tratamentos adicionais (adubação mineral e sem adubação).

Silva *et al.* (2020) também ao avaliarem a massa seca de folha da soja aos 30 DAS notaram que a adubação nitrogenada formulada com torta de filtro na dose de 75% foi superior à adubação mineral, enquanto aos 80 dias a adubação mineral foi superada por todos os tratamentos com organomineral (50%, 75%, 100% e 125%). Portanto, esse fenômeno evidencia uma das características mais importantes dos biofertilizantes, que é serem de liberação mais lenta (gradual) em relação aos fertilizantes minerais. Deste modo, os nutrientes ficam mais disponíveis até o final do ciclo da cultura.

De maneira semelhante, Mota *et al.* (2019) ao testarem os fertilizantes organominerais a base de torta de filtro de cana-de-açúcar e lodo de esgoto tratado em diferentes níveis (50%,

75%, 100%, 125% da recomendação para soja) na cultura da soja observaram que as plantas de soja obtiveram uma maior estatura em relação ao fertilizante mineral, principalmente a partir do meio do ciclo da cultura. Além disto, a adubação referente a 75% da recomendação para soja de organomineral à base de lodo de esgoto tratado ou torta de filtro, promoveram maiores diâmetros de caule aos 90 DAS em relação à adubação mineral. Desta forma, estes passivos ambientais (torta de filtro da cana-de-açúcar e o lodo de esgoto tratado) são passíveis de serem utilizados para compor o organomineral, podendo substituir a adubação mineral exclusiva para a produção da cultura da soja (Mota *et al.*, 2019).

Em experimento realizado por Rodrigues *et al.* (2021), os autores diagnosticaram que independente das formas físicas (pó, grânulo e pellet) do fertilizante organomineral de lodo de esgoto, estes aumentaram o acúmulo de nutrientes (principalmente N, P e B no solo argiloso), número de vagens e nodulação, assim como a atividade microbiana do solo, em comparação com a adubação mineral, resultando provavelmente em maior produtividade da soja.

Em estudo realizado na cultura da soja e milho, Frazão *et al.* (2021) avaliaram a eficácia agronômica do fertilizante organomineral granulado derivado de cama de frango em relação ao fertilizante fosfatado convencional (superfosfato simples, SSP) e constataram que o fertilizante organomineral não só promoveu rendimentos de grãos e peso seco da parte aérea semelhantes, mas também teve uma eficácia agronômica relativa significativamente maior em comparação com um fertilizante fosfatado de referência (SSP), bem como, notaram que as plantas de milho e soja cultivadas em campo corrigidos com fertilizante organomineral absorveram quantidade semelhante de P em comparação com SSP. No entanto, o organomineral promoveu maior absorção de P pelo milho nas duas maiores doses de P (52,5 e 70 kg P ha⁻¹). Portanto, os resultados mostram um grande potencial dos fertilizantes organominerais em substituir fertilizantes minerais fosfatados totalmente convencionais como MAP, DAP e TSP em uma primeira safra.

Ngo *et al.* (2022) verificaram que os tomateiros cujos os quais foram aplicados somente MAP, MAP juntamente com ureia (proporção de 4 de MAP e ureia para 0 partes de cama de frango) e apenas cama de frango (0 de MAP e ureia para 4 partes de cama de frango) tiveram um peso seco de parte aérea semelhantes, no entanto os tratamentos com formulações de organominerais (1:3, 2:2 e 3:1) apresentaram peso seco de parte aérea significativamente maior, resultados estes, que corroboram com Silva *et al.* (2020).

Também para a cultura do tomate, Sobrinho *et al.* (2022) observaram que as doses de 50%, 100% e 200% de fosfato organomineral proporcionaram uma maior taxa de crescimento absoluto da planta em altura (AGR) aos 66 dias após o plantio (DAP) em relação ao MAP, com

aumentos de 23,18, 38,28 e 65,96%, respectivamente. Já aos 96 DAP, a AGR aumentou 23,64% na dose de 200% de P para a fonte de fosfato organomineral, em comparação com a fonte MAP. Além disto, os autores constataram que de modo geral o organomineral fornece maiores níveis de clorofila b e totais, em comparação com o MAP, principalmente em maiores doses.

Verificou-se que a aplicação do fertilizante organomineral como fonte de carbono e elementos orgânicos teve um efeito positivo sobre os microrganismos do solo durante o período de vegetação do milho, bem como na fase de floração e produção da espiga, em que notou-se um aumento significativamente alto ($4,77 \times 10^7$ CFU g⁻¹ massa seca solo), quase 800 por cento em relação ao controle (sem aplicação de fertilizante organomineral), na segunda data de medição para bactérias. O número de microrganismos proteolíticos também aumentou com a introdução do fertilizante organomineral. Tal mudança é benéfica, já que contribui para a mineralização dos compostos orgânicos nitrogenados do solo. Já na cultura foi constatado que o fertilizante organomineral promoveu um aumento da eficiência de absorção de luz pelo fotossistema PSII do milho (Hawrot-Paw *et al.*, 2022).

Rodrigues *et al.* (2021), também ao avaliar indicadores biológicos do solo verificaram que o fertilizante organomineral de lodo de esgoto não suprimiu o crescimento ou as atividades enzimáticas dos microrganismos do solo envolvidos na degradação da matéria orgânica, solubilização de P e amonificação de N, evidenciando assim sua baixa toxicidade para os microrganismos do solo. De acordo com Du *et al.* (2020) o uso de outras fontes de resíduos orgânicos, como esterco, a solos altamente intemperizados aumentou a fertilidade dos solos, bem como, as atividades enzimáticas (urease, sacarase e catalase), a abundância de bactérias (60%), fungos (27%) e actinomicetos (38%) nos solos, contribuindo para aumentar o rendimento das culturas (trigo, milho, arroz, algodão, soja, amendoim, hortaliças).

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, H. P.; PORTO, F. G. M. Uso de extrato de algas e aminoácidos na agricultura brasileira. **Circular técnica**, Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH). Araxá –MG: ISAH, 2019. Disponível em: <https://site.uniaraxa.edu.br/wp-content/uploads/2019/06/circular-extrato-de-algas.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.
- ANTILLE, D. L.; SAKRABANI, R.; TYRREL, S. F.; LE, M. S.; GODWIN, R. J. Characterisation of organomineral fertilisers derived from nutrient-enriched biosolids granules. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2013, p. 11, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/694597>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2013/694597/>. Acesso em: 6 dez. 2022.
- ANTÓN-HERRERO, R.; GARCÍA-DELGADO, C.; MAYANS, B.; CAMACHO-ARÉVALO, R.; DELGADO-MORENO, L.; EYMAR, E. Biostimulant Effects of Micro Carbon Technology (MCT®)-Based Fertilizers on Soil and Capsicum annum Culture in Growth Chamber and Field. **Agronomy**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 70, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010070>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/1/70#metrics>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- ARSLAN, H., ESKIKAYA, O.; BILICI, Z.; DIZGE, N.; BALAKRISHNAN, D. Comparison of Cr (VI) adsorption and photocatalytic reduction efficiency using leonardite powder. **Chemosphere**, [s.l.], v. 300, p. 134492, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134492>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653522009857>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- BELLÉ, J. Efeito do extrato de alga (*ascophyllum nodosum*) em diferentes densidades de soja (*glycine max*) no oeste de Santa Catarina. 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/4914/1/BELL%c3%89.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.
- BENITES, V. D. M.; DAL MOLIN, S. J.; MENEZES, J. F. S.; GUIMARÃES, G. D. S.; MACHADO, P. D. A. Organomineral fertilizer is an agronomic efficient alternative for poultry litter phosphorus recycling in an acidic Ferralsol. **Frontiers in Agronomy**, [s.l.], v. 4, p. 785753, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.785753>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2022.785753/full>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- BORGES, B. M. M. N.; ABDALA, D. B.; SOUSA, M. F.; VIGLIO, L. M.; COELHO, M. J. A.; PAVINATO, P. S.; FRANCO, H. H. J. Organomineral phosphate fertilizer from sugarcane byproduct and its effects on soil phosphorus availability and sugarcane yield. **Geoderma**, [s.l.], v. 339, p. 20-30, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706118313120>. Acesso em: 29 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 5. 15 jul. 2020. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>. Acesso em: 19 nov. 2022.

CARLETTI, P.; GARCÍA, A. C.; SILVA, C. A.; MERCHANT, A. Towards a functional characterization of plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], v. 12, p. 677772, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.677772>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.677772/full>. Acesso em: 19 set. 2022.

CARPANEZ, T. G.; MOREIRA, V. R.; ASSIS, I. R.; AMARAL, M. C. S. Sugarcane vinasse as organo-mineral fertilizers feedstock: Opportunities and environmental risks. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 832, p. 154998, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154998>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722020915>. Acesso em: 14 dez. 2022.

CHENG, G.; NIU, Z.; ZHANG, C.; ZHANG, X.; LI, X. Extraction of humic acid from lignite by KOH-hydrothermal method. **Applied Sciences**, [s.l.], v. 9, n. 7, p. 1356, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9071356>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/7/1356#B21-applsci-09-01356>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CHOJNACKA, K.; MOUSTAKAS, K.; WITEK-KROWIAK, A. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 295, p. 122223, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122223>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419314531>. Acesso em: 6 dez. 2022.

COELHO, E.; XAVIER, F. D. S.; PEREIRA, B. D. S. Uso de substâncias húmicas para melhoramento de um latossolo amarelo distrocoeso. **Embrapa Mandioca e Fruticultura- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, Cruz das Almas, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218878/1/ComunicadoTecnico175-Eugenio-Ainfo.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: Levantamento Brasília Safra 2021/2022. Brasília, DF, v. 9, n. 12, p. 1-88, 2022. Portal. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 19 set. 2022.

CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. D.; MARTELLO, J. M.; ALVES, C. J.; NASCIMENTO, C. A. C.; PEREIRA, J. C. D. R.; CANTARELLA, H. Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62315-1>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-62315-1>. Acesso em: 6 dez. 2022.

CUI, D.; TAN, W.; YUE, D.; YU, H.; DANG, Q.; XI, B. Reduction capacity of humic acid and its association with the evolution of redox structures during composting. **Waste Management**, [s.l.], v. 153, p. 188-196, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.09.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X22004482>. Acesso em: 31 out. 2022.

CASTRO, T. A. V. T.; BERBARA, R. L. L.; TAVARES, O. C. H.; MELLO, D. F. G.; PEREIRA, E. G.; SOUZA, C. C. B.; ESPINOSA, L. M.; GARCÍA, A. C. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 162, p. 171-184, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.043>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942821001108>. Acesso em: 19 set. 2022.

MELO, B. A. G.; MOTTA, F. L.; SANTANA, M. H. A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. **Materials Science and Engineering: C**, [s.l.], v. 62, p. 967-974, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493115306123>. Acesso em: 20 out. 2022.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia horticulturae**, [s.l.], v. 196, p. 3-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>. Acesso em: 19 set. 2022.

DU, Y.; CUI, B.; WANG, Z.; SUN, J.; NIU, W. Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. **Catena**, [s.l.], v. 193, p. 104617, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104617>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816220301673>. Acesso em: 12 dez. 2022.

ELZAKI, B. I.; ZHANG, Y. J. Coating methods for surface modification of ammonium nitrate: a mini-review. **Materials**, Basel, v. 9, n. 7, p. 502, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma9070502>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/9/7/502>. Acesso em: 14 dez. 2022.

FARIAS, P. I. V.; FREIRE, E.; CUNHA, A. L. C. D.; GRUMBACH, R. J. D. S.; ANTUNES, A. M. D. S. The fertilizer industry in Brazil and the assurance of inputs for biofuels production: prospective scenarios after COVID-19. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 21, p. 8889, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12218889>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/8889>. Acesso em: 12 dez. 2022.

FERREIRA, D. M.; REBOUÇAS, T. N.; FERRAZ-ALMEIDA, R.; PORTO, J. S.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Organomineral fertilizer as an alternative for increasing potato yield and quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 4, p. 306-312, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p306-312>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/G7Yk9Kn36wyDxcZCv4Zhng/abstract/?lang=en>. Acesso em: 29 nov. 2022.

FRAZÃO, J. J.; BENITES, V. M.; PIEROBON, V. M.; RIBEIRO, J. V. S.; LAVRES, J. A poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer has higher agronomic effectiveness than conventional phosphate fertilizer applied to field-grown maize and soybean. **Sustainability**, Basel, v. 13, n. 21, p. 11635, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132111635>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/21/11635>. Acesso em: 7 dez. 2022.

FRAZÃO, J. J.; BENITES, V. M.; RIBEIRO, J. V. S.; PIEROBON, V. M.; LAVRES, J. Agronomic effectiveness of a granular poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer in tropical soils: Soil phosphorus fractionation and plant responses. **Geoderma**, [s.l.], v. 337, p. 582-593, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706118308462>. Acesso em: 6 dez. 2022.

GARCÍA, A. C.; SOUZA, L. G. A.; PEREIRA, M. G.; CASTRO, R. N.; GARCÍA-MINA, J. M.; ZONTA, E.; LISBOA JÚNIOR, F. G.; BERBARA, R. L. L. Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. **Scientific reports**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 20798, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep20798>. Disponível em: <file:///C:/Users/olive/Downloads/srep20798.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

GIWA, A. S.; NDUNGUTSE, J. M.; LI, Y.; MABI, A.; LIU, X.; VAKILI, M.; MEMON, A. G.; AI, L.; CHENFENG, Z.; SHENG, M. Modification of biochar with Fe₃O₄ and humic acid-salt for removal of mercury from aqueous solutions: a review. **Environmental Pollutants and Bioavailability**, [s.l.], v. 34, n. 1, p. 352-364, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/26395940.2022.2115402>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/26395940.2022.2115402>. Acesso em: 27 set. 2022.

GONG, G.; YUAN, X.; ZHANG, Y.; LI, Y.; LIU, W.; WANG, M.; ZHAO, Y.; XU, L. Characterization of coal-based fulvic acid and the construction of a fulvic acid molecular model. **The Royal Society of Chemistry**, [s.l.], v. 10, n. 9, p. 5468-5477, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9RA09907G>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/ra/c9ra09907g>. Acesso em: 27 set. 2022.

GRINHUT, T.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms. **Fungal biology reviews**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 179-189, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.09.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1749461307000462>. Acesso em: 27 set. 2022.

GROHSKOPF, M. A.; CRUZ, C. V.; ELOY, N. R. F.; FERNANDES, D. M.; BÜLL, L. T.; CORRÊA, J. C. Efficiency of fluid organomineral fertilizer with pig slurry in nitrogen and phosphorus availability. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 19, n. 1, p.84-93, 2020. DOI: 10.5965/223811711912020084. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126015/1/final8467.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.

GUO, X. X.; LIU, H. T.; WU, S. B. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. **Science of the total environment**, [s.l.], v. 662, p. 501-510, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719301548>. Acesso em: 19 set. 2022.

GURGEL, M. N.; CORREA, S. T. R.; DOURADO NETO, D.; PAULA JÚNIOR, D. R. Technology for sugarcane agroindustry waste reuse as granulated organomineral fertilizer. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 63-75, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p63-75/2015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/hYSdFtf6Gf8zFfVkhMRpNj/?format=html&lang=en#>. Acesso em: 14 dez. 2022.

HAWROT-PAW, M.; MIKICIUK, M.; KONIUSZY, A.; MELLER, E. Influence of Organomineral Fertiliser from Sewage Sludge on Soil Microbiome and Physiological Parameters of Maize (*Zea mays* L.). **Agronomy**, Basel, v. 12, n. 5, p. 1114, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12051114>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/5/1114>. Acesso em: 1 dez. 2022.

HAYES, M. H. B.; SWIFT, R. S. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. **Advances in Agronomy**, [s.l.], v. 163, p. 1-37, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.05.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211320300468>. Acesso em: 21 dez. 2022.

HIGASHIKAWA, F. S.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 01-10, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ras.v18i2.51219>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/51219>. Acesso em: 13 fev. 2023.

HO, T. T. K.; TRA, V. T.; LE, T. H.; NGUYEN, N. K. Q.; TRAN, C. S.; NGUYEN, P. T.; VO, T. D. H.; TAILANDÊS, V. N.; BUI, X. T. Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, [s.l.], v. 6, p. 100211, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100211>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000330>. Acesso em: 19 set. 2022.

HUANG, W.; LI, Y.; LIU, X.; WANG, W.; WEN, P.; YU, Z.; ZHOU, S. Linking the electron transfer capacity with the compositional characteristics of dissolved organic matter during hyperthermophilic composting. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 755, p. 142687, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142687>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720362161>. Acesso em: 31 out. 2022.

JUNG, H.; KWON, S.; KIM, J. H.; JEON, J. R. Which traits of humic substances are investigated to improve their agronomical value?. **Molecules**, Basel, v. 26, n. 3, p. 760, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26030760>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/3/760/htm>. Acesso em: 8 nov. 2022.

KARTHIKEYAN, M.; ZHONGHUA, W.; MUJUMDAR, A. S. Low-rank coal drying technologies—current status and new developments. **Drying Technology**, [s.l.], v. 27, n. 3, p. 403-415, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373930802683005>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373930802683005>. Acesso em: 9 jan. 2023.

KLECZEK, A.; ANIELAK, A. M. Humic substances and significance of their application—a review. **Technical Transactions**, [s.l.], v. 118, n. 1, p. 3921, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37705/TechTrans/e2021012>. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.37705/TechTrans/e2021012>. Acesso em: 27 set. 2022.

KLYOSOV, D. N.; OREKHOVSKAYA, A. A. On the development of technology for obtaining organomineral fertilizers. In: IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE, v. 723, n. 3, p. 032024, 2021. **IOP Publishing**, [s.l.], 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032024. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/723/3/032024>. Acesso em: 14 dez. 2022.

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. Formulation and evaluation of organo-mineral fertilizers based on sewage sludge optimized for maize and sunflower crops. **Waste Management**, [s.l.], v. 136, p. 57-66, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X21005304>. Acesso em: 14 dez. 2022.

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste and Biomass Valorization**, [s.l.], v. 8, p. 1781-1791, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-016-9805-9>. Acesso em: 14 dez. 2022.

LI, G.; ZHU, Q.; NIU, Q.; MENG, Q.; YAN, H.; WANG, S.; LI, Q. The degradation of organic matter coupled with the functional characteristics of microbial community during composting with different surfactants. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 321, p. 124446, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124446>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085242031720X>. Acesso em: 18 out. 2022.

LIPCZYNSKA-KOCHANY, E. Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review. **Chemosphere**, [s.l.], v. 202, p. 420-437, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.104>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518305216>. Acesso em: 27 set. 2022.

LÜDTKE, A. C.; DICK, D. P.; MOROSINO, L.; KRAEMER, V. Productivity of lettuce in greenhouse as affected by humic and fulvic acids application in association to mineral fertilizer. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 39, p. 444-450, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210414>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/DRKrMTjZyK7kFRPv8FnC58k/?lang=en>. Acesso em: 22 dez. 2022.

MAHLER, C. F.; SVIERZOSKI, N. S.; BERNARDINO, C. A. R. Chemical characteristics of humic substances in nature. In: MAKAN, A. **Humic Substance**. Londres: IntechOpen, 2021. cap. 8, p. 139- 152. E-Book. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/76810>. Acesso em: 1 de nov. de 2022.

MAJI, D.; MISRA, P.; SINGH, S.; KALRA, A. Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. **Applied soil ecology**, [s.l.], v. 110, p. 97-108, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.10.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139316304863>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MEDINA-BUELVAS, A.; GARCIA-GUAN, A.; BARRAZA-AMADOR, B.; ESPINOSA-FUENTE, E.; CASTILLO-CABRALES, D.; MENDEZ-GUTIÉRREZ, K.; ROSALES-HERNÁNDEZ, N. Production of organic fertilizer using *pleurotus* sp. as a process accelerator. **Global Journal of Environmental Science and Management**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 59-72, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2023.01.05>. Disponível em: https://www.gjesm.net/article_253226.html . Acesso em: 18 out. 2022.

MEENA, A. L.; KARWAL, M.; DUTTA, D.; MISHRA, R. P. Composting: phases and factors responsible for efficient and improved composting. **Agriculture and Food: e-Newsletter**, [s.l.], v. 3, p. 85-90, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/348098151>. Acesso em: 19 out. 2022.

MEHTA, C. M.; PALNI, U.; FRANKE-WHITTLE, I. H.; SHARMA, A. K. Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. **Waste management**, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 607-622, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X13005655>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MENG, F.; HUANG, Q.; LARSON, S. L.; HAN, F. X. The adsorption characteristics of uranium (VI) from aqueous solution on leonardite and leonardite-derived humic acid: a comparative study. **Langmuir**, [s.l.], v. 37, n. 43, p. 12557-12567, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.1c01838>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.langmuir.1c01838>. Acesso em: 9 jan. 2023.

MICHALSKA, J.; TUREK-SZYTOW, J.; DUDŁO, A.; SURMACZ-GÓRSKA, J. Characterization of humic substances recovered from the sewage sludge and validity of their removal from this waste. **EFB Bioeconomy Journal**, [s.l.], v. 2, p. 100026, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2022.100026>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667041022000040>. Acesso em: 1 nov. 2022.

MÓGOR, Á. F.; MÓGOR, G. **Aminoácidos, extratos de algas, extratos vegetais e substancias húmicas como biofertilizante**. São Paulo: Pecege, 174 p. 2022.

MOTA, R. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; DE ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [s.l.], v. 8, p. 131-137, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-018-0237-3>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MUMBACH, G. L.; GATIBONI, L. C.; DE BONA, F. D.; SCHMITT, D. E.; CORRÊA, J. C.; GABRIEL, C. A.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; IOCHIMS, D. A. Agronomic efficiency of organomineral fertilizer in sequential grain crops in southern Brazil. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 112, p. 3037-3049, 2020. DOI: 10.1002/agj2.20238. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1126026/1/agj2.20238.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.

MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; COZZOLINO, V.; NUZZO, A.; NARDI, S.; PICCOLO, A. Molecular characteristics of humic substances from different origins and their effects on growth and metabolism of *Pinus laricio callus*. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, [s.l.], v. 9, n. 72, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00334-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40538-022-00334-y>. Acesso em: 11 jan. 2023.

NARDI, S.; ERTANI, A.; FRANCIOSO, O. Soil-root cross-talking: The role of humic substances. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [s.l.], v. 180, n. 1, p. 5-13, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201600348>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.201600348>. Acesso em: 21 nov. 2022.

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. **Molecules**, [s.l.], v. 26, n. 8, p. 2256, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/8/2256/htm>. Acesso em: 1 nov. 2022

NGO, H. T.; WATTS-WILLIAMS, S. J.; PANAGARIS, A.; BAIRD, R.; MCLAUGHLIN, M. J.; CAVAGNARO, T. R. Development of an organomineral fertiliser formulation that improves tomato growth and sustains arbuscular mycorrhizal colonisation. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 815, p. 151977, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151977>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721070534>. Acesso em: 6 dez. 2022.

OLK, D. C.; BLOOM, P. R.; PERDUE, E. M.; MCKNIGHT, D. M.; CHEN, Y.; FARENHORST, A.; SENESI, N.; QUEIXO, Y. P.; SCHIMMITT-KOPPLIN, P.; HERTKORN, N.; HARIR, M. Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters. **Journal of Environmental Quality**, [s.l.], v. 48, n. 2, p. 217-232, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0041>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/jeq2019.02.0041>. Acesso em: 19 set. 2022.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura. **Circular Técnica 19**. Jaguariúna, SP. 2008. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/7714/1/circular_19.pdf. Acesso em: 19 out. 2022

PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O.; DALLA VECCHIA, F.; ERTANI, A.; NARDI, S. Bioactivity of size-fractionated and unfractionated humic substances from two forest soils and comparative effects on N and S metabolism, nutrition, and root anatomy of *Allium sativum* L. **Frontiers in plant science**, [s.l.], v. 11, p. 1203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01203>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.01203/full>. Acesso em: 22 nov. 2022.

QIAN, X.; SUN, W.; GU, J.; WANG, X. J.; ZHANG, Y. J.; DUAN, M. L.; LI, H. C.; ZHANG, R. R. Reducing antibiotic resistance genes, integrons, and pathogens in dairy manure by continuous thermophilic composting. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 220, p. 425-432, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.101>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852416312391>. Acesso em: 18 out. 2022.

QIU, Z.; LI, M.; SONG, L.; WANG, C.; YANG, S.; YAN, Z.; WANG, Y. Study on nitrogen-retaining microbial agent to reduce nitrogen loss during chicken manure composting and nitrogen transformation mechanism. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 285, p. 124813, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124813>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620348575?via%3Dihub>. Acesso em: 18 out. 2022.

RODRIGUES, M. M.; VIANA, D. G.; OLIVEIRA, F. C.; ALVES, M. C.; REGITANO, J. B. Sewage sludge as organic matrix in the manufacture of organomineral fertilizers: Physical forms, environmental risks, and nutrients recycling. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 313, p. 127774, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127774>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621019922>. Acesso em: 12 dez. 2022.

SAKURADA L, R.; BATISTA, M. A.; INOUE, T. T.; MUNIZ, A. S.; PAGLIARI, P. H. Organomineral phosphate fertilizers: Agronomic efficiency and residual effect on initial corn development. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 108, n. 5, p. 2050-2059, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0543>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2015.0543>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SALES, J. R. D. S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C. D.; SOUSA, G. G. D. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 25, n. 7, p. 466-471, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n7p466-471>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/dMcgtRKqF8d4YZTnySJjsvL/?lang=en>. Acesso em: 29 nov. 2022.

SANTOS, Tatiane Barbosa. **Avaliação dos efeitos da aplicação de fertilizante organomineral bioativado na cultura da soja**. 2022. 55 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias em Biociências) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2022. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30070/1/fertilizanteorganomineralbioativadosoja.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SENESI, N. Molecular and quantitative aspects of the chemistry of fulvic acid and its interactions with metal ions and organic chemicals: Part II. The fluorescence spectroscopy approach. **Analytica Chimica Acta**, [s.l.], v. 232, p. 77-106, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)81226-X](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)81226-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000326700081226X>. Acesso em: 27 set. 2022.

SILVA, H. F. O.; TAVARES, O. C. H.; SILVA, L. D. S.; ZONTA, E.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; NOBRE, C. P.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. Arbuscular mycorrhizal fungi and humic substances increased the salinity tolerance of rice plants. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 44, p. 102472, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102472>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818122001992>. Acesso em: 19 set. 2022.

SILVA, L. G.; CAMARGO, R. D.; LANA, R. M. Q.; DELVAUX, J. C.; FAGAN, E. B.; MACHADO, V. J. Biochemical changes and development of soybean with use of pelletized organomineral fertilizer containing sewage sludge and filter cake. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 42, p. e44249, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.44249>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/ph6Z383cHZmdQLKSYmW77CL/?lang=en#>. Acesso em: 1 dez. 2022.

SILVA, R. C. D.; CARDOSO, A. F.; LIMA, L. C. Growth and productivity of ágata potato cultivar under different doses of organomineral fertilizer. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 38, p. e38016, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-53632>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/53632>. Acesso em: 6 dez. 2022.

SMITH, W. B.; WILSON, M.; PAGLIARI, P. Organomineral fertilizers and their application to field crops. **Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management**, [s.l.], v. 67, p. 229-243, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2134/asaspecpub67.c18>. Acesso em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/asaspecpub67.c18>. Disponível em: 29 nov. 2022.

SOBRINHO, O. P. L.; SANTOS, L. N. S.; SILVA, A. A.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; VIDAL, V. M.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SILVA, N. F.; COSTA, A. C. Physiological responses of tomato plants subjected to various combinations of irrigation levels with mineral and organomineral sources of phosphorus. **Acta Physiologiae Plantarum**, [s.l.], v. 44, n. 108, p. 1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-022-03432-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-022-03432-4#citeas>. Acesso em: 7 dez. 2022.

TAHMASEBI, A.; YU, J.; LI, X.; MEESRI, C. Experimental study on microwave drying of Chinese and Indonesian low-rank coals. **Fuel Processing Technology**, [s.l.], v. 92, n. 10, p. 1821-1829, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.04.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378382011001251>. Acesso em: 9 jan. 2023.

TAUBAYEVA, A. S.; DZHUSIPBEKOV, U. Z.; NURGALIEVA, G. O.; SHAKIROVA, A. K.; TEMEL, H.; PASA, S. Removability Efficiency of Heavy Metals with Modified Humate from Aqueous Media. **Eurasian Chemico-Technological Journal**, [s.l.], v. 16, n. 4, p. 315-320, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18321/ectj12>. Disponível em: <https://ect-journal.kz/index.php/ectj/article/view/231>. Acesso em: 27 set. 2022.

TRCKOVA, M.; LORENCOVA, A.; BABAK, V.; NECA, J.; CIGANEK, M. The effect of leonardite and lignite on the health of weaned piglets. **Research in veterinary science**, [s.l.], v. 119, p. 134-142, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.06.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528817312948>. Acesso em: 22 dez. 2022.

UKALSKA-JARUGA, A.; BEJGER, R.; DEBAENE, G.; SMRECZAK, B. Characterization of Soil Organic Matter Individual Fractions (Fulvic Acids, Humic Acids, and Humins) by Spectroscopic and Electrochemical Techniques in Agricultural Soils. **Agronomy**, [s.l.], v. 11, n. 6, p. 1067, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomia11061067>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/6/1067/htm>. Acesso em: 1 nov. 2022.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; PIMENTA, D. M.; LEVRERO, G. R.; FORTI, V. A.; MEDEIROS, S. D.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; COVRE, E. A.; FERREIRA, M. D.; MORET, R.; SALA, F. C. Yield and quality of curly kale grown using organic fertilizers. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 39, p. 112-121, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210116>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/JhHMWr4mzN4PMNqYmhcC74J/?lang=en#>. Acesso em: 29 nov. 2022.

WANG, C.; JIA, Y.; LI, J.; LI, P.; WANG, Y.; YAN, F.; WU, M.; FANG, W.; XU, F.; QIU, Z. Influence of microbial augmentation on contaminated manure composting: metal immobilization, matter transformation, and bacterial response. **Journal of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 441, p. 129762, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129762>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389422015552>. Acesso em: 18 out. 2022.

WANG, T. T.; WANG, S. P.; ZHONG, X. Z.; SUN, Z. Y.; HUANG, Y. L.; TAN, L.; TANG, Y. Q.; KIDA, K. Converting digested residue eluted from dry anaerobic digestion of distilled grain waste into value-added fertilizer by aerobic composting. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 166, p. 530-536, 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.075>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617317912>. Acesso em: 20 set. 2022.

WEBER, J. Humic substances and their role in the environment. **EC Agriculture**, [s.l.], v. 3-8, p. 1-6, 2020. Disponível em: <https://www.econicon.com/eco20/pdf/ECAG-03-ECO-0002.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

WEI, Y.; WU, X.; ZENG, R.; CAI, C.; GUO, Z. Spatial variations of aggregate-associated humic substance in heavy-textured soils along a climatic gradient. **Soil and Tillage Research**, [s.l.], v. 197, p. 104497, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104497>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198719310359>. Acesso em: 21 dez. 2022.

WITHERS, P. J.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L. R.; BENITES, V. D. M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 8, n. 2537, p. 1-13, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-20887-z>. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/s41598-018-20887-z>. Acesso em: 12 dez. 2022.

WU, D.; WEI, Z.; QU, F.; MOHAMED, T. A.; ZHU, L.; ZHAO, Y.; JIA, L.; ZHAO, R.; LIU, L.; LI, P. Effect of Fenton pretreatment combined with bacteria inoculation on humic substances formation during lignocellulosic biomass composting derived from rice straw. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 303, p. 122849, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122849>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420301188>. Acesso em: 18 out. 2022.

WU, X.; AMANZE, C.; WANG, J.; YU, Z.; SHEN, L.; WU, X.; LI, J.; YU, R.; LIU, Y.; ZENG, W. Isolation and characterization of a novel thermotolerant alkali lignin-degrading bacterium *Aneurinibacillus* sp. LD3 and its application in food waste composting. **Chemosphere**, [s.l.], v. 307, p. 135859, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135859>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653522023529>. Acesso em: 20 set. 2022.

XIA, Y.; ZHANG, R.; CAO, Y.; XING, Y.; GUI, X. Role of molecular simulation in understanding the mechanism of low-rank coal flotation: A review. **Fuel**, [s.l.], v. 262, p. 116535, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116535>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236119318897>. Acesso em: 9 jan. 2023.

XU, J.; JIANG, Z.; LI, M.; LI, Q. A compost-derived thermophilic microbial consortium enhances the humification process and alters the microbial diversity during composting. **Journal of environmental management**, [s.l.], v. 243, p. 240-249, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479719306061>. Acesso em: 18 out. 2022.

YANG, F.; ANTONIETTI, M. The sleeping giant: A polymer View on humic matter in synthesis and applications. **Progress in Polymer Science**, [s.l.], v. 100, p. 101182, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2019.101182>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670019301881>. Acesso em: 8 nov. 2022.

YANG, F.; TANG, C.; ANTONIETTI, M. Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms. **Chemical Society Reviews**, [s.l.], v. 50, p. 6221-6239, 2021. DOI: 10.1039/D0CS01363C Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/cs/d0cs01363c>. Acesso em: 08 nov. 2022.

YANG, F.; ZHANG, S.; SONG, J.; DU, Q.; LI, G.; TARAKINA, N. V.; ANTONIETTI, M. Synthetic humic acids solubilize otherwise insoluble phosphates to improve soil fertility. **Angewandte Chemie**, [s.l.], v. 58, n. 52, p. 18813-18816, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/anie.201911060>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201911060>. Acesso em: 21 nov. 2022.

YUAN, Y.; GAI, S.; TANG, C.; JIN, Y.; CHENG, K.; ANTONIETTI, M.; YANG, F. Artificial humic acid improves maize growth and soil phosphorus utilization efficiency. **Applied Soil Ecology**, [s.l.], v. 179, p. 104587, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104587>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139322002037>. Acesso em: 19 set. 2022.

ZHOU, F.; CHENG, J.; LIU, J.; ZHOU, J.; CEN, K. Improving physicochemical properties of upgraded Indonesian lignite through microwave irradiation with char adsorbent. **Fuel**, [s.l.], v. 218, p. 275-281, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.01.044>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001623611830053X>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CAPÍTULO 2

FERTILIZANTE ORGANOMINERAL E BIOESTIMULANTE NA SOJA

RESUMO

Diante da necessidade de buscar alternativas que possibilitem reduzir a dependência por fertilizantes minerais na cultura da soja, bem como, aumentar a produção, o uso de fertilizante organomineral e o bioestimulante são estratégias para esse objetivo no agronegócio. Assim, neste estudo objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de doses de fertilizante organomineral e bioestimulante no crescimento e produtividade da soja. O experimento foi conduzido em campo, no município de Uberlândia-MG, na safra de 2021/2022, entre os meses de dezembro a março. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi composta por oito linhas de 10 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m, totalizando uma área de 40 m² por parcela. Foram utilizados oito tratamentos, em que o tratamento 1 consistiu na aplicação de 192 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral, na formulação de 05-26-00 de P₂O₅, fornecendo 50% de P₂O₅ em relação ao fertilizante mineral, e aplicação de 234 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral na formulação de 00-00-32 de K₂O, fornecendo 70% de K₂O em relação ao fertilizante mineral. Nos tratamentos 2 a 5 foram feitas aplicações do fertilizante organomineral na semeadura, e do bioestimulante via foliar, nas doses de 0,5; 1; 2 e 4 L ha⁻¹, consecutivamente, parceladas duas vezes nos estádios V4 e R1. O tratamento 6 consistiu na adubação com o fertilizante organomineral juntamente com a aplicação do bioestimulante na dose de 2,0 L ha⁻¹ no sulco de semeadura via micron. O tratamento 7 foi o controle negativo (ausência de aplicação de organomineral e bioestimulante) e o tratamento 8 foi o controle positivo (adubação mineral). Foram constatadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) diferenças significativas para as características altura de planta (AP), número de vagens (NV), número de vagens com 1 grão (NV1G), número de vagens com 2 grãos (NV2G), número de vagens com 3 grãos (NV3G), número de grãos por planta (NGP) e produtividade de soja. Porém, as características diâmetro de caule (DC), número de vagens com 0 grão (NV0G), grãos retidos na peneira 16, 15, 14, 13 e peneira fundo e massa de mil grãos (MMG) não diferiram quanto aos diferentes manejos aplicados. Portanto, verificou-se que o uso do fertilizante organomineral com ou ausência de bioestimulante, e o fertilizante mineral propiciaram melhores resultados nos parâmetros de crescimento e produtividade de soja, em relação a ausência de adubação e bioestimulante. O uso do fertilizante organomineral com a aplicação de bioestimulante ou ausência deste, e a adubação mineral propiciaram crescimento e produtividade semelhantes. As doses de bioestimulante não diferiram entre si sob os parâmetros avaliados. No entanto, a aplicação de bioestimulante via foliar promoveu uma melhor produtividade em relação a aplicação no sulco de semeadura.

Palavras-chaves: fertilizante mineral associado a uma fonte orgânica; substâncias húmicas; bioestimulante.

ABSTRACT

Faced with the need to seek alternatives that make it possible to reduce dependence on mineral fertilizers in soybeans, as well as to increase production, the use of organomineral fertilizers and biostimulants are strategies for this objective in agribusiness. Thus, this study aimed to evaluate the effect of applying doses of organomineral fertilizer and biostimulant on soybean growth and productivity. The experiment was conducted in the field, in the municipality of Uberlândia-MG, in the 2021/2022 harvest, between December and March. The experimental design was randomized blocks, with four replications. Each plot consisted of eight rows of 10 m in length, spaced at 0.5 m, totaling an area of 40 m² per plot. Eight treatments were used, where treatment 1 consisted of 192 kg ha⁻¹ of organo-mineral fertilizer in the 05-26-00 P₂O₅ formulation, providing 50% more P₂O₅ than the mineral fertilizer, and 234 kg ha⁻¹ of organo-mineral fertilizer in the 00-00-32 of K₂O formulation, providing 70% more K₂O than the mineral fertilizer. In treatments 2 to 5, the organomineral fertilizer was applied at sowing and the biostimulant was applied foliar application at doses of 0.5; 1; 2 and 4 L ha⁻¹, consecutively, twice at stages V4 and R1. Treatment 6 consisted of fertilization with the organomineral fertilizer together with the application of the biostimulant at a dose of 2.0 L ha⁻¹ in the sowing furrow via micron. Treatment 7 was the negative control (no application of organomineral and biostimulant) and treatment 8 was the positive control (mineral fertilization). The Scott-Knott test ($p < 0.05$) found significant differences for the following characteristics: plant height (PH), number of pods (NP), number of pods with 1 grain (NP1G), number of pods with 2 grains (NP2G), number of pods with 3 grains (NP3G), number of grains per plant (NGP) and soybean yield. However, the characteristics of stem diameter (SD), number of pods with 0 grains (NP0G), grains retained on sieves 16, 15, 14, 13 and deep sieve and thousand grain mass (MMG) did not differ between the different managements applied. Therefore, it was found that the use of organo-mineral fertilizer with or without biostimulant, and mineral fertilizer provided better results in the parameters of soybean growth and productivity compared to the absence of fertilizer and biostimulant. The use of organomineral fertilizer with or without biostimulant and mineral fertilization provided similar growth and productivity. The doses of biostimulant did not differ in the parameters evaluated. However, the application of biostimulant foliar promoted better productivity than the application in the sowing furrow.

Keywords: mineral fertilizer associated with an organic source; humic substances; biostimulant.

1 INTRODUÇÃO

O setor da agricultura no Brasil é de extrema importância para a economia nacional, bem como a agricultura brasileira proporciona grande contribuição para o comércio mundial como exportador de soja (Withers *et al.*, 2018). Segundo a Conab (2022a) a produção estimada de soja em grãos para a safra de 2022/ 2023 será de aproximadamente 153,48 milhões de toneladas, cuja produção o estado do Mato Grosso, o maior produtor de soja do país (CONAB, 2022b), irá contribuir com 41,46 milhões de toneladas (IMEA, 2022a).

Ao longo dos anos vem sendo observado um crescente aumento do custo de produção da soja. Por exemplo, no Mato Grosso, na safra 2021/2022, o custo foi de 5,19 mil ha⁻¹, sendo os fertilizantes e corretivos responsáveis por aproximadamente 22% dos custos totais. Para a safra seguinte de 2022/2023 já previu um custo de produção de 8,62 mil ha⁻¹ e um aumento de aproximadamente 6% dos gastos com fertilizantes e corretivos (IMEA, 2022b). Portanto, é necessário buscar alternativas que possibilitem diminuir a dependência por fertilizantes minerais, afim de tentar minimizar os custos da cadeia produtiva, bem como, intensifiquem a produção de maneira a alcançar grandes produtividades no campo. No entanto, esta prática deve ser aliada ao uso sustentável de recursos naturais e propiciar impacto ambiental limitado (Withers *et al.*, 2018).

Os fertilizantes organominerais sólidos ou fluidos representam uma alternativa promissora para a obtenção de fertilizantes de alta eficiência (Carpanez *et al.*, 2022), pois fornecem nutrientes primários nas proporções certas às plantas e enriquecem o solo com matéria orgânica em uma única operação, reduzindo os custos de fertilização (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021). Assim como, o seu uso dá destinação a passíveis ambientais ricos em nutrientes, que são reciclados para posterior fornecimento as plantas via fertilizante organomineral, o que torna possível reduzir a dependência de fertilizantes minerais importados, melhorar a eficiência do uso de nutrientes (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2021) e economizar custos, em razão das substâncias húmicas serem extraídas de bio-resíduos ou outras fontes que não têm mais uso (Kłeczek; Anielak, 2021).

As substâncias húmicas estão entre os principais constituintes da matéria orgânica (Santos *et al.*, 2018) e desempenham papéis importantes para o solo como: geração de cargas negativas em decorrência de sua capacidade de dissociar íons H⁺ de vários grupos funcionais (principalmente carboxila e fenólica), o que contribui para o aumento da CTC do solo, melhorando a disponibilidade de nutrientes às plantas; inativação de pesticidas, metais pesados e outros agentes poluentes em função de sua alta capacidade de sorção; influenciam na

capacidade tampão do pH dos solos; contribui para a formação de agregados estáveis (principalmente os ácidos húmicos na presença de Ca), que por sua vez afetam positivamente a capacidade de campo de água, capacidade de ar, porosidade e permeabilidade de diferentes tipos de solo (Weber, 2020).

Além dos efeitos positivos indiretos que as substâncias húmicas provocam às plantas por meio da melhora da qualidade, da estrutura do solo e retenção de água, elas também induzem a proliferação de raízes e modificam a arquitetura do sistema radicular, estimulando o crescimento e desenvolvimento das plantas (Weber, 2020). Prado *et al.* (2016) ao avaliarem o efeito da aplicação de diferentes doses (0, 1, 2, 4 e 8 ml por dm^{-3} de solo) de fertilizante organomineral enriquecido com substâncias húmicas na cultura da soja cultivada sob dois níveis de umidade do solo (90 e 30% da capacidade de retenção de água) constataram que o fertilizante organomineral melhora o crescimento, o desenvolvimento, a nutrição mineral e a produtividade da soja, bem como, as substâncias húmicas favorecem a absorção de micronutrientes em condições de estresse hídrico até a dose de 189 mg de C dm^{-3} do solo.

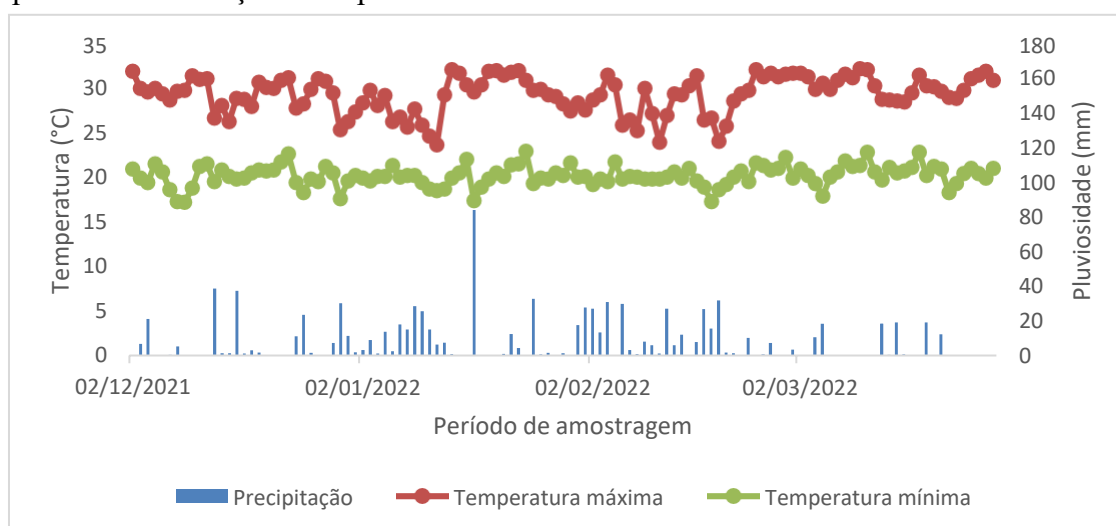
Assim, este trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de doses de fertilizante organomineral e bioestimulante no crescimento e produtividade da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e características do solo da área experimental

O experimento foi conduzido em campo pertencente a Fazenda Planalto, no município de Uberlândia, MG, localizado nas coordenadas geográficas de 18°56'42.2" de latitude sul e 48°19'37.7" de longitude oeste, na safra de 2021/2022, entre os meses de dezembro a março, cujos os quais há expectativa de chuvas constantes. A área experimental utilizada foi de 1280 m², situada em terreno plano, com baixa declividade, sendo esta, sido cultivada soja em outras safras. Os dados meteorológicos registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na estação localizada em Uberlândia durante a condução do estudo estão representados na Figura 1.

Figura 1- Pluviosidade e temperatura da Fazenda Planalto, em Uberlândia-MG no período de condução do experimento.



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2021).

Foram coletadas 8 amostras simples de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, para formação de uma amostra composta, a qual foi feita a análise química do solo da área experimental, pelo laboratório da empresa Safrar, situado no município de Uberlândia- MG (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química da amostra de solo da área experimental. Uberlândia, 2021.

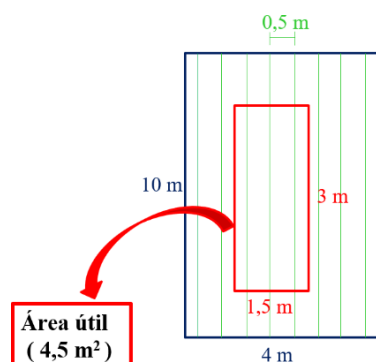
Características químicas						
pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	P meh.	K ⁺
1: 2,5		-----cmol _c dm ⁻³ -----			---mg dm ⁻³ ---	
5,5	5,1	1,23	0,86	0,1	3,3	59
H+Al	CTC	SB	V	m		
-----cmol _c dm ⁻³ -----		-----%-----				
3,05	5,29	2,24	43	4		

pH em H₂O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich⁻¹); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3) cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; SB = Soma de bases; CTC = Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

2.2 Delineamento estatístico e parcela experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, composto por oito tratamentos em quatro repetições, perfazendo 32 parcelas experimentais. A unidade experimental foi constituída por uma área de 40 m², com 8 linhas de 10 metros de comprimento, espaçadas a 0,5 metros. A área útil por parcela foi de 4,5 m², sendo 3 metros de comprimento por 1,5 metros de largura, a qual foi estabelecida para realizar a colheita da área total, a fim de mensurar a produtividade da soja. A bordadura foi composta por 1 linha de cada extremidade da parcela, bem como, 2 metros de cada extremo das linhas (ou seja, foi desprezado 2 metros no início e 2 metros no final de cada linha).

Figura 2- Esquema da parcela experimental.



Fonte: A autora.

2.3 Tratamentos

O experimento foi composto por 8 tratamentos, em que o primeiro consistiu na aplicação manual de 192 kg ha^{-1} do fertilizante organomineral granulado, na formulação de 05-26-00 de P_2O_5 (50% de P_2O_5 em relação ao fertilizante mineral MAP, o qual tem formulação 10-52-00), cuja fonte mineral foi o fertilizante MAP e a matriz orgânica a base de celulose. Também houve a aplicação de 234 kg ha^{-1} do fertilizante organomineral granulado, na formulação de 00-00-32 de K_2O (70% de K_2O em relação ao fertilizante mineral KCl de formulação 00-00-60), cuja fonte mineral foi o fertilizante KCl e a matriz orgânica a base de celulose. As doses dos fertilizantes organominerais não variaram nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6 (Tabela 2).

Tabela 2 - Doses de fertilizantes e de bioestimulante para a cultura da soja. Uberlândia, safra 2021/2022.

Tratamentos	Adubação	Dose de aplicação de bioestimulante
T1- FOMs*	50% em relação ao mineral (P_2O_5) e 70% (K_2O)	Ausência de aplicação
T2- FOMs + $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ Bioestimulante	50% em relação ao mineral (P_2O_5) e 70% (K_2O)	$0,25 \text{ L ha}^{-1}$ em V4 $0,25 \text{ L ha}^{-1}$ em R1
T3- FOMs + $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ Bioestimulante	50% em relação ao mineral (P_2O_5) e 70% (K_2O)	$0,5 \text{ L ha}^{-1}$ em V4 $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ em R1
T4- FOMs + $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ Bioestimulante	50% em relação ao mineral (P_2O_5) e 70% (K_2O)	1 L ha^{-1} em V4 1 L ha^{-1} em R1
T5- FOMs + $4,0 \text{ L ha}^{-1}$ Bioestimulante	50% em relação ao mineral (P_2O_5) e 70% (K_2O)	2 L ha^{-1} em V4 2 L ha^{-1} em R1
T6- FOMs + $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ Bioestimulante	50% em relação ao mineral (P_2O_5) e 70% (K_2O)	$2,0 \text{ L ha}^{-1}$ no sulco de plantio via micron
T7- Controle 1	Ausência de aplicação	Ausência de aplicação
T8- Controle 2	Adubação mineral	Ausência de aplicação

* FOMs: Fertilizantes organominerais, ambos a base de celulose, contudo, a matriz orgânica de um deles foi integrado a uma fonte de P_2O_5 e o outro, a uma fonte de K_2O .
Volume de calda: 300 L ha^{-1} .

Nos tratamentos de 2 ao 5 foram feitas à aplicação manual dos fertilizantes organominerais na semeadura, e posteriormente foram aplicados o bioestimulante via foliar, nas doses de 0,5; 1; 2 e 4 L ha⁻¹, consecutivamente, parceladas em duas vezes nos estádios V4 e R1. (Tabela 2). O estudo presente trata-se de um trabalho original sobre curva de recomendação de substâncias húmicas para a cultura da soja, em que foram utilizadas doses superiores e inferiores do bioestimulante, em relação a recomendação do fabricante (2 L ha⁻¹).

O tratamento 6 consistiu na adubação com os fertilizantes organominerais juntamente com a aplicação do bioestimulante na dose de 2,0 L ha⁻¹ no sulco de plantio via micron (pulverizador de jato dirigido). Por sua vez, os demais tratamentos (T7 e T8), foram os controles, sendo o tratamento 7 (controle 1) constituído pela ausência de aplicação do bioestimulante e do organomineral, e o tratamento 8 (controle 2) tratou-se da aplicação exclusiva de 192 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral na formulação de 10-52-00 e 166 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral na formulação de 00-00-60 (Tabela 2).

2.4 Composição do bioestimulante

Tabela 3 - Composição química do bioestimulante

Bioestimulante	Ácido Fúlvico	NO ₃ -N	K
	% m/v		
	3	1	8

Fonte: A autora.

2.5 Semeadura e condução

Após o preparo de solo com as operações de gradagem e nivelamento, foi realizada a semeadura no dia 02 de dezembro de 2021, da variedade de soja Brasmax auge, a qual foi semeada a um espaçamento entre planta de 0,07 metros, ou seja, 15 plantas por metro linear, e com população ajustada para 300 mil plantas por hectare.

Todos os tratamentos receberam a aplicação de 2 doses de Azokop (microorganismos - Koppert), 20 doses de Rizokop (microorganismos-Koppert), Veraneio (Nematicida Microbiológico-Koppert) na dosagem de 0,05 L ha⁻¹ e Trichodermil (Fungicida e nematicida Microbiológico-Koppert) na dose de 0,15 L ha⁻¹, via micron (pulverizador de jato dirigido) na semeadura. Tais doses, seguiram o padrão utilizado na fazenda.

O fertilizante organomineral foi aplicado manualmente na semeadura. Já a aplicação do bioestimulante via foliar nos estádios V4 e R1, foi realizada por meio de um pulverizador costal de 20 litros. No entanto, o bioestimulante quando aplicado no suco de plantio (T6), tal procedimento foi feito via micron (pulverizador de jato dirigido).

O manejo de pragas, doenças e plantas infestantes foram realizados sem distinção em toda área experimental de acordo com a tomada decisão do produtor rural.

2.6 Avaliações

A avaliação de altura de planta (AP) foi feita no pré florescimento em que foram medidas 5 plantas aleatórias das 4 linhas centrais de cada parcela, desprezando 2 metros de bordadura de cada extremidade.

No mesmo dia da colheita da área útil (28/03/22) foram coletadas 10 plantas aleatórias por parcela, desprezando a área útil (4,5 m²) e a bordadura (1 linha de cada extremidade da parcela, bem como, 2 metros de cada extremo das linhas) para avaliação do diâmetro do caule (DC), número de vagens por planta (NV), número total de grãos por planta (NGP), número de vagens com 3 (NV3G), 2 (NV2G), 1 (NV1G) e 0 (NV0G) (chochas) grãos e classificação de tamanho de grãos por meio do uso de peneiras de 16, 15, 14, 13 mesh, peneira fundo e total (teste de uniformidade). O diâmetro do caule foi aferido bem em sua base (aproximadamente 2,5 cm acima da superfície solo), com o auxílio de um paquímetro digital graduado (em milímetros - mm).

O teste de uniformidade foi realizado seguindo os critérios estabelecidos pela RAS (BRASIL, 2009), em que consistiu na pesagem de 2 amostras de 100 gramas de sementes puras, as quais foram colocadas individualmente sobre a peneira superior de um conjunto de várias malhas. Em seguida agitou-se o conjunto por um minuto. O resultado do teste é a média das porcentagens de sementes retidas nas duas repetições de cada malha de peneira e em números inteiros.

Para a estimativa da produtividade foi realizado a colheita da área útil de 4,5 m² de cada parcela. Posteriormente, as vagens foram trilhadas (separação do grão da planta) e seus grãos foram peneirados para retirada de impurezas. Em seguida, foi feita a medição da umidade (medidor de umidade) para que fosse realizado a pesagem dos grãos de soja. Desta forma, foi possível ajustar a umidade para 13%, mediante a fórmula: $PF = PI \times (100 - UI) / (100 - UF)$, sendo PF: o peso final da amostra, PI: peso inicial da amostra, UI: umidade inicial da amostra e UF: umidade final da amostra (13%), para converter os valores obtidos em kg ha⁻¹.

Também foi estimado a massa de 1000 grãos (MMG), conforme RAS (Regras de análise de sementes) (BRASIL, 2009), com os grãos colhidos da área útil de cada parcela. Posteriormente, também realizou a correção da umidade para 13%.

2.7 Análise estatística

A normalidade de resíduos foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), a homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$) e aditividade de blocos pelo teste de não aditividade de Tukey ($p < 0,05$). Os dados dos caracteres de NV, peneira 16 e peneira 14 foram transformados em $\sqrt{x}$ para análise estatística.

Os dados dos tratamentos T1 ao T8 foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Os tratamentos T1 ao T5 foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando o critério de escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos em 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

O programa estatístico utilizado foi o R versão 4.0.2, em que a ANOVA, o teste de homogeneidade das variâncias de O'Neill e Mathews e o teste de média de Tukey foram executados com os scripts desenvolvidos para o pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2018), enquanto o teste de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilk foi executado utilizando scripts desenvolvidos para o pacote de dados nortest versão 1.0-4 (Gross; Ligges, 2015). Por sua vez, para o teste de não aditividade de Tukey foi utilizado os scripts desenvolvidos para o pacote asbio versão 1.8-3 (Aho, 2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis altura de planta, diâmetro de caule, número de vagens, número de vagens com 0, 1, 2 e 3 grãos apresentaram variâncias homogêneas, resíduos com distribuição normal e o modelo foi aditivo (Tabela 4).

Tabela 4 - Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de vagens (NV), número de vagens com 0 (NV0G), 1 (NV1G), 2 (NV2G) e 3 grãos (NV3G) da cultivar de soja Bramax auge submetida a diferentes manejos nutricionais no município de Uberlândia (MG) na safra 2021/2022.

Tratamentos	AP	DC	NV	NV0G	NV1G	NV2G	NV3G
	cm planta ⁻¹	mm planta ⁻¹	vagens planta ⁻¹				
T1	59,00 a*	6,05	38,85 a	1,52	13,72 a	21,17 a	2,42 a
T2	58,25 a	6,60	45,80 a	1,12	15,05 a	26,30 a	3,32 a
T3	56,65 a	5,87	38,70 a	1,37	14,37 a	21,15 a	1,80 b
T4	56,60 a	6,35	43,77 a	2,10	14,92 a	24,17 a	2,57 a
T5	59,70 a	6,23	45,65 a	1,77	18,50 a	22,42 a	2,95 a
T6 ¹	54,20 a	5,97	41,60 a	1,75	16,85 a	20,57 a	2,42 a
Controle 1	47,30 b	5,52	29,32 b	1,65	10,67 b	16,00 b	1,00 b
Controle 2	58,40 a	5,77	42,00 a	1,30	15,27 a	22,85 a	2,57 a
Normalidade ¹	0,7792	0,7428	0,0912	0,8206	0,4328	0,2923	0,1290
Homogeneidade ²	0,7244	0,4177	0,0661	0,8860	0,3444	0,2026	0,0626
Aditividade ³	0,3991	0,8179	0,5206	0,4419	0,7168	0,7843	0,8344
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,32	7,35	6,33	50,86	16,72	16,88	24,65

*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna se diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). ²Homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$). ³Teste de aditividade de Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}Não significativo. T1: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral. T2: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 0,5 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T3: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 1,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T4: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 2,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T5: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 4,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T6: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 2,0 L ha⁻¹ do

biofertilizante aplicado no sulco de semeadura via micron. Controle 1: Ausência de aplicação de fertilizante e bioestimulante. Controle 2: Adubação mineral.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste de variância ($p < 0,05$), sob as características diâmetro de caule e número de vagens com 0 grãos, da soja cv. Brasmax auge (Tabela 4).

Desta maneira, não foram detectadas diferenças entre a adubação com o fertilizante organomineral juntamente com a aplicação do bioestimulante na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ no sulco de plantio (T6) e a adubação com o fertilizante organomineral juntamente com a aplicação do bioestimulante na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar (T4), para as variáveis DC e NV0G. Tal resultado mostrou que as formas de aplicação (via foliar e sulco de semeadura) do bioestimulante não influenciaram nos resultados (Tabela 4).

Ao analisar as variáveis DC e NV0G, também foi verificado que o tratamento com ausência de adubação e bioestimulante (controle 1) não diferiu dos tratamentos, com somente adubação organomineral (T1) e o com adubação mineral (controle 2) (Tabela 4). Possivelmente este resultado deve-se ao fato de ser uma área com cultivos sucessivos de soja. Tal cultura, em função dos rizóbios (microrganismos diazotróficos), os quais por meio de uma relação de simbiose com esta, realizam fixação biológica de nitrogênio dentro de nódulos formados nas raízes das plantas, em que o N fixado é fornecido para a soja que, por sua vez, retorna com fontes de carbono destinadas ao suprimento energético destes microssimbiontes. Portanto, se a associação entre os rizóbios e as plantas for eficiente, o N fixado pode suprir todas as necessidades de diversas espécies de importância econômica e ambiental, dispensando o uso de fertilizantes nitrogenados (Hungria; Nogueira, 2022).

No entanto, era esperado que as plantas de soja submetidas a adubação com fertilizante organomineral, juntamente com a aplicação ou ausência de bioestimulante, apresentassem maior diâmetro de caule e um menor número de vagens com zero grãos, já que esta característica não é desejável em razão de impactar negativamente na produtividade da soja. Pois, os bioestimulantes podem ter em sua composição hormônios, aminoácidos, nutrientes, vitaminas, ácido ascórbico e algas marinhas, que atuam na fisiologia das plantas, de modo a promover, inibir ou modificar processos ligados ao metabolismo vegetal e células meristemática, promovendo um bom crescimento e desenvolvimento da planta (Kovalski *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2023). Bem como, o fertilizante organomineral por ser formado a partir de uma associação de composto orgânico com nutrientes, promove uma maior eficiência do uso de fósforo pelas plantas e melhor controle das taxas de liberação dos nutrientes, além do

aumento da capacidade de troca catiônica e melhoria biológica, física e química das propriedades do solo (Fernandes *et al.*, 2020).

Assim como, a análise de variância, a regressão também não detectou diferença entre as doses de bioestimulante (0,5, 1, 2, 4 L ha⁻¹), para DC e NV0G.

No entanto, Mota *et al.* (2019) encontraram resultados positivos para o diâmetro de caule da soja com o uso de dois fertilizantes organominerais (3-17-10, + 0,2% B, 0,3% Zn e 0,3% Mn), os quais se distinguiram quanto a fonte de matéria orgânica, em que um era a base de lodo de esgoto e outro derivado de torta de filtro de cana, testados nas doses de 50, 75, 100 e 125% da recomendação de cultivo pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Contudo, as matrizes orgânicas e as dosagens utilizadas dos fertilizantes organominerais foram diferentes do presente estudo, por isto, tais fatores podem ter contribuído para a disparidade nos resultados.

Os autores Mota *et al.* (2019) encontraram que com o uso do organomineral a base de lodo de esgoto na dose de 125% e organomineral a base de torta de filtro na dose de 50% os DCs da soja (2,92 e 2,93 mm, respectivamente) avaliados 30 dias após a semeadura (DAS) foram superiores ao tratamento sem aplicação (2,41 mm), pelo teste de Dunnett. Por outro lado, com a utilização do organomineral a base de lodo de esgoto na dose de 125% e o organomineral a base de torta de filtro na dose de 75% os DCs da soja (4,33 e 4,42 mm, respectivamente) aos 90 DAS foram melhores que o tratamento sem aplicação (3,40 mm), pelo teste de Dunnett.

Para as variáveis altura de planta, número de vagens, número de vagens com 1, 2 e 3 grãos foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os oito manejos nutricionais avaliados pelo teste de variância (Tabela 4).

Notou-se ao avaliar a AP, que os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e o controle 2 (adubação mineral) não diferiram entre si, pelo teste de Scott-Knott, porém foram superiores ao controle 1 (sem aplicação de fertilizante e bioestimulante), ou seja, o uso do fertilizante organomineral, exclusivamente na semeadura, assim como a utilização do organomineral na semeadura, acrescido da aplicação do bioestimulante via foliar nas doses 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹ parceladas em duas vezes nos estádios V4 e R1, bem como, a aplicação de organomineral e bioestimulante na dose de 2 L ha⁻¹ no sulco de semeadura, e somente a realização da adubação mineral, promoveram alturas semelhantes. Mas, tais manejos propiciaram alturas de plantas superiores ao tratamento com ausência de aplicação de fertilizante e bioestimulante (Tabela 4).

Corroborando com os resultados, Mota *et al.* (2019) também notaram que o fertilizante organomineral (3-17-10, + 0,2% B, 0,3% Zn e 0,3% Mn) na dose de 125% da recomendação de cultivo pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais promoveu uma

maior altura de plantas de soja (0,92) aos 60 DAS em relação ao tratamento com ausência de organomineral (0,52).

Em concordância com o presente estudo, no qual foi verificado que a AP teve comportamento semelhante ao uso de adubação com fertilizante organomineral e fertilizante mineral, Varão (2022) constatou que a altura de plantas de soja não obteve diferença estatística entre as fontes estudadas , organomineral (2-12-12) e mineral (4-30-10) , os quais foram utilizados nas doses de 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e o N e K foram ajustados para as mesmas doses em todas as parcelas com as fontes ureia e cloreto de potássio. Assim como, Almeida Júnior *et al.* (2017) em seu trabalho não conseguiu observar variação entre os tratamentos com organomineral (150, 300, 450, 600, 750, 900, 1050, 1200 e 1350 kg ha⁻¹) em relação ao uso unicamente da adubação mineral de 300 kg ha⁻¹.

No entanto, Mota *et al.* (2019) observaram que o fertilizante organomineral (3-17-10, + 0,2% B, 0,3% Zn e 0,3% Mn) a base de lodo de esgoto nas doses de 125% e 75% e o organomineral a base de torta de filtro de cana nas doses de 100% e 125% promoveram melhores alturas de plantas aos 30 DAS, quando comparadas com o fertilizante mineral.

Não foi encontrado diferença significativa, pelo teste de Scott-Knott, entre os tratamentos T6 e o T4, os quais tratavam-se do uso de fertilizante organomineral em conjunto com o bioestimulante na dose de 2 L ha⁻¹, porém divergiam a forma de aplicação (via foliar e sulco de semeadura), sugerindo que este fator (forma de aplicação do bioestimulante) foi indiferente para a altura da soja (Tabela 4).

Por meio da análise do teste de Scott-Knott, foi verificado que a aplicação via foliar do bioestimulante nas doses 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹ em conjunto com o fertilizante organomineral, não resultou em melhores alturas, em comparação ao uso de somente o fertilizante organomineral. O teste de regressão também encontrou que as doses não diferiram entre si para AP.

Assim como, a AP, os parâmetros NV, NV1G e NV2G, responderam de forma semelhantes aos tratamentos T1, T2, T4, T5, T6 e o controle 2, pelo teste de Scott-Knott. Estes, também foram superiores ao tratamento com ausência de aplicação de fertilizante e bioestimulante. Segundo Guesser *et al.* (2021), existe uma correlação positiva entre altura de planta e número de vagens, portanto, o porte da planta pode influenciar em um maior número de nós e vagens, logo, também afeta positivamente a produtividade, bem como, impacta na supressão de plantas infestantes, em razão do fechamento rápido do dossel.

Foi constatado pelo teste de Scott-Knott, que a aplicação de bioestimulante via foliar nas dosagens de 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹ e o seu uso no suco de semeadura na dosagem de 2 L ha⁻¹

não promoveram incrementos sob as variáveis NV, NV1G, NV2G em relação a utilização de somente o fertilizante organomineral na cultura da soja, bem como, o modo de aplicação do bioestimulante (via foliar ou sulco de semeadura) não influenciou tais variáveis (NV, NV1G, NV2G). Catuchi *et al.* (2016), notou que o bioestimulante a base de ácido húmico (380 g ha^{-1}) e o bioestimulante a base de ácido fúlvico (200 g ha^{-1}) aplicado via foliar no estágio V4, também não diferiram em relação aos seus usos no sulco de semeadura, quanto ao número de vagens por planta de soja.

Não houve diferença entre as doses de bioestimulante (0, 0,5, 1, 2 e 4 L ha^{-1}) aplicadas via foliar, para as variáveis testadas, pelo teste de regressão (Tabela 4). Coutin *et al.* (2021) também ao testar a aplicação via foliar de bioestimulante a base de ácido fúlvico em diferentes estádios e doses não verificou aumento significativo do número de vagens com 1, 2, 3 grãos e número de vagens totais de soja.

Também foi verificado que a adubação com fertilizante organomineral teve desempenho semelhante à do fertilizante mineral para as variáveis NV, NV1G e NV2G, pelo teste de Scott-Knott (Tabela 4). Corroborando com o resultado do trabalho, Varão (2022) também encontrou que não houve diferença estatística entre o número total de vagem por planta de soja ao analisar os tratamentos com organomineral e fertilizante mineral. Almeida Júnior *et al.* (2017) também encontraram que o NV2G de soja com o uso de 600, 750, 900, 1200 kg ha^{-1} de organomineral não variaram em relação ao uso do fertilizante mineral na dosagem de 300 kg ha^{-1} . Porém observaram que ao utilizarem 150, 300, 1350 kg ha^{-1} de fertilizante organomineral, estas doses se mostraram superiores a adubação mineral (300 kg ha^{-1}).

Todos os tratamentos (T1, T2, T4, T5, T6 e o controle 2) promoveram maiores números de vagens com 1 grão (13,72, 15,05, 14,37, 14,37, 14,92, 18,50, 16,85 e 15,27, respectivamente) em relação ao tratamento com ausência de fertilizante e bioestimulante ($10,67 \text{ vagens planta}^{-1}$), pelo teste de Scott-Knott (Tabela 4). Tal resultado não era previsto, pois os nutrientes presentes no organomineral possibilitam um melhor equilíbrio nutricional e uma maior eficiência de absorção destes pelas plantas (Cabral *et al.*, 2020), propiciando um maior acúmulo de fósforo, potássio e nitrogênio na soja (Rodrigues *et al.*, 2021). Assim, esperava-se que os tratamentos com aplicação de fertilizante organomineral na ausência do bioestimulante ou em conjunto promovessem um menor número de vagens com 1 grão, já que as plantas com um maior número de grãos por vagem são mais produtivas.

Já ao analisar o NV3G, todos os tratamentos em que se utilizaram fertilizante organomineral, seja ele unicamente ou em associação com doses de bioestimulante via foliar ou no sulco de semeadura (T1, T2, T4, T5, T6), e o tratamento com adubação exclusivamente

mineral (controle 2), com exceção do T3 (aplicação de fertilizante organomineral e bioestimulante na dose de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$, via foliar), foram melhores que o controle 1 (ausência de fertilizante e bioestimulante), pelo teste de Scott-Knott. Almeida Júnior *et al.* (2020) também verificaram que o fertilizante organomineral (750 kg ha^{-1}) promoveu maior NV3G de soja em vista do tratamento com ausência de aplicação.

Vale ressaltar, que o T1, T2, T4, T5, T6 e controle 2 não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott e, portanto, o NV3G respondeu de maneira semelhante a adubação mineral e a estes tratamentos (T1, T2, T4, T5, T6) (Tabela 4). O modo de aplicação do bioestimulante (via foliar ou sulco de semeadura) não influenciou o número de vagens com 3 grãos, pois o T4 e o T6, proporcionaram os mesmos resultados de NV3G. Não houve diferença entre as doses de bioestimulante (0, 0,5, 1, 2 e 4 L ha^{-1}) aplicadas via foliar, para NV3G, pelo teste de regressão (Tabela 4).

A porcentagem de grãos da soja cv. Brasmax auge retidos na peneira de 16, 15, 14, 13 mesh e peneira de fundo apresentaram variâncias homogêneas, resíduos com distribuição normal e o modelo foi aditivo (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação de tamanho de grãos da cultivar de soja Bramax auge submetida a diferentes manejos nutricionais no município de Uberlândia (MG) na safra 2021/2022.

Tratamentos	Peneira 16	Peneira 15	Peneira 14	Peneira 13	Peneira fundo
	%				
T1	29,67	48,03	17,91	3,51	0,88
T2	22,15	50,59	21,95	4,03	1,27
T3	25,42	48,87	20,78	3,89	1,05
T4	20,60	49,81	23,62	4,69	1,29
T5	19,63	49,95	23,70	5,25	1,47
T6	18,77	49,79	25,31	5,04	1,09
Controle 1	15,78	48,64	28,25	5,76	1,57
Controle 2	15,59	48,58	27,45	6,70	1,67
Normalidade ¹	0,2623	0,1925	0,7800	0,5221	0,0950
Homogeneidade ²	0,4688	0,1699	0,5344	0,0716	0,3129
Aditividade ³	0,2052	0,0670	0,1044	0,1175	0,5090
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,91	5,95	13,14	28,39	45,01

¹Normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). ²Homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$). ³Teste de aditividade de Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}Não significativo. T1: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral. T2: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 0,5 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T3: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 1,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T4: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 2,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T5: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 4,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T6: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P_2O_5 e 70% da dose de K_2O do fertilizante mineral e da dose de 2,0 L ha⁻¹ do biofertilizante aplicado no sulco de semeadura via micron. Controle 1: Ausência de aplicação de fertilizante e bioestimulante. Controle 2: Adubação mineral.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, pelo teste de variância, sob a porcentagem de grãos da soja retidos na peneira de 16, 15, 14, 13 mesh e peneira de fundo (Tabela 5).

As doses de bioestimulante (0, 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹) aplicadas via foliar também não diferiram entre si para as variáveis porcentagem de grãos da soja retidos na peneira de 16, 15, 14, 13 mesh e peneira de fundo, pela análise de regressão.

A classificação da soja com o auxílio de peneiras, é uma etapa importante para a etapa de comercialização de campos de produção de sementes de soja.

O tamanho das sementes de soja tem influência na velocidade de germinação e tamanho da radícula (Peripolli *et al.*, 2019), bem como, afeta o vigor das plântulas da lavoura. As sementes de maior tamanho, relacionadas a maior densidade e melhor nutrição das sementes, originam plântulas mais vigorosas, as quais são mais tolerantes às condições variáveis de campo, por isto, podem resultar em estandes superiores (Carvalho; Nakagawa, 2012). Plantas oriundas de sementes com alto vigor possuem maior velocidade e uniformidade de emergência, assim, garantindo um rápido estabelecimento da cultura (Peripolli *et al.*, 2019). Desta maneira, esperava-se que os tratamentos com aplicação de fertilizante organomineral na ausência do bioestimulante ou em conjunto promovessem um maior tamanho de semente, em razão de serem fonte de nutrientes balanceados e com liberação gradual ao longo do ciclo da soja.

As variáveis massa de mil grãos, número de grãos por planta e produtividade apresentaram variâncias homogêneas, resíduos com distribuição normal e o modelo foi aditivo (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade da cultivar de soja Bramax auge submetida a diferentes manejos nutricionais no município de Uberlândia (MG) na safra 2021/2022.

Tratamentos	NGP (grãos planta ⁻¹)	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	633,50 a*	147,26	2503,85 a
T2	776,25 a	144,27	2327,41 a
T3	620,75 a	142,35	2257,84 a
T4	710,00 a	142,24	2369,75 a
T5	722,00 a	144,03	2400,41 a
T6	652,75 a	142,59	1810,29 b
Controle 1	456,75 b	139,95	1340,84 b
Controle 2	687,00 a	139,53	2101,62 a
Normalidade ¹	0,5242	0,9314	0,2732
Homogeneidade ²	0,0791	0,3028	0,1290
Aditividade ³	0,8979	0,1689	0,2609
Regressão	ns	ns	ns
CV (%)	13,69	3,69	15,08

*Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna se diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). ²Homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$). ³Teste de aditividade de Tukey ($p < 0,05$). ns Não significativo. T1: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P₂O₅ e 70% da dose de K₂O do fertilizante mineral. T2: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P₂O₅ e 70% da dose de K₂O do fertilizante mineral e da dose de 0,5 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T3: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P₂O₅ e 70% da dose de K₂O do fertilizante mineral e da dose de 1,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T4: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P₂O₅ e 70% da dose de K₂O do fertilizante mineral e da dose de 2,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T5: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P₂O₅ e 70% da dose de K₂O do fertilizante mineral e da dose de 4,0 L ha⁻¹ do biofertilizante parcelada em duas vezes nos estádios V4 e R1. T6: Fertilizante organomineral aplicado na proporção de 50% da dose de P₂O₅ e 70% da dose de K₂O do fertilizante mineral e da dose de 2,0 L ha⁻¹ do biofertilizante aplicado no sulco de semeadura via micron. Controle 1: Ausência de aplicação de fertilizante e bioestimulante. Controle 2: Adubação mineral.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos sob a característica massa de mil grãos, pela análise de variância (Tabela 6). Em concordância com o estudo, Almeida Júnior *et al.* (2022) não encontraram diferenças significativas para as médias de MMG em seu trabalho, no qual avaliou o fertilizante organomineral em várias dosagens como 0, 150, 250, 350, 450 e 550 kg ha⁻¹. Em contrapartida, Almeida Júnior *et al.* (2020) observaram que o fertilizante organomineral na dose de 750 Kg ha⁻¹ promoveu maior MMG de soja em relação ao tratamento

com ausência de aplicação. Já Costa *et al.* (2018) constataram ao avaliar diferentes doses (0, 400, 800 e 1000 kg ha⁻¹) de organomineral (02-10-10) que a maior massa de 100 grãos foi obtida com a dose máxima testada.

No entanto, é possível que uso de fertilizante organomineral resulte em benefícios para a massa de mil grãos de soja, nos cultivos subsequentes, em razão deste fertilizante promover melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo, auxiliando no crescimento e desenvolvimento da planta (Kominko; Gorazda; Wzorek, 2017). Contudo, seria necessário realizar outros experimentos a longo prazo na área, a fim de verificar o comportamento do solo ao longo do tempo, mediante a aplicação do fertilizante organomineral.

Corroborando com os resultados do trabalho, o qual apontou que a aplicação de 2 L ha⁻¹ de bioestimulante, seja via foliar ou sulco de semeadura, em conjunto com a adubação organomineral, não promoveram MMG de soja diferentes, Catuchi *et al.* (2016) encontraram que a forma de aplicação (via foliar e sulco de semeadura) do bioestimulante a base de ácido húmico (380 g ha⁻¹) e do bioestimulante a base de ácido fúlvico (200 g ha⁻¹) no estágio V4, não influenciaram os resultados de MMG de soja.

Não houve efeito de dose (0, 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹) de bioestimulante sob a massa de mil grãos, pela análise de regressão (Tabela 6). Coutin *et al.* (2021) também verificaram que a aplicação via foliar de bioestimulante a base de ácido fúlvico nos diferentes estádios e doses não resultou em diferença significativa para massa de 1000 grãos de soja.

Para as variáveis número de grãos por planta e produtividade foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os variados tratamentos testados, pela análise de variância ($p < 0,05$) (Tabela 6).

Ao analisar o NGP, verificou-se pelo teste de Scott-Knott, que a aplicação de fertilizante organomineral com ausência ou em conjunto com o bioestimulante (T1, T2, T3, T4, T5, T6), e a utilização de fertilizante mineral (controle 2) propiciaram melhores resultados em relação ao controle 1 (ausência de aplicação de fertilizante e bioestimulante). Tal resultado é devido aos grãos serem um importante dreno, por isto, provavelmente a maior disponibilidade de nutrientes tenha favorecido o número de grãos por planta.

Bem como, o T1, T2, T3, T4, T5 e T6 promoveram NGP semelhantes ao tratamento com somente adubação mineral. Não houve incremento no número de grãos por planta com a aplicação do bioestimulante nas diferentes doses (0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹) em conjunto com o fertilizante organomineral em relação ao uso deste somente, pelo teste de Scott-Knott. Também notou-se por meio da regressão, que o número de grãos por planta respondeu de maneira semelhante as diferentes doses (0, 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹) (Tabela 6).

O uso de fertilizante organomineral, juntamente com o bioestimulante na dose de 2 L ha⁻¹, aplicado via foliar (T4), ora aplicado no sulco de semeadura (T6) proporcionaram o mesmo NGP, indicando que a forma de aplicação não interferiu no resultado (Tabela 6).

Os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e o controle 2 alcançaram maiores produtividades quando comparados com o controle 1 e o T6. Desta maneira, o uso do fertilizante organomineral, assim como, a utilização do organomineral, juntamente com a aplicação do bioestimulante via foliar nas doses 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹ parceladas em duas vezes nos estádios V4 e R1 refletiram de forma igual na produtividade da soja, contudo, promoveram maiores produtividades em relação a ausência de adubação e bioestimulante (T1), e a aplicação do bioestimulante no sulco de semeadura (2 L ha⁻¹), além de mostrarem ter eficiência igual a adubação mineral (controle 2) (Tabela 6).

Tais resultados, contrapõem Rodrigues *et al.* (2021) , os quais afirmaram que os fertilizantes orgânicos costumam ser mais eficientes do que os fertilizantes minerais, em razão da matéria orgânica ativar as enzimas que favorecem a absorção de nutrientes do solo. Sousa *et al.* (2020) encontraram que a produtividade da soja nos tratamentos que receberam organomineral 03-15-15 nas doses de 427 e 543 kg ha⁻¹ foi superior ao tratamento mineral (04-20-20) na dose 400 Kg ha⁻¹. Também relataram que uma dosagem 50% menor do fertilizante organomineral (200 kg ha⁻¹) em relação ao fertilizante mineral (400 kg ha⁻¹) obteve a mesma produtividade do fertilizante mineral.

Somente a variável produtividade teve seus resultados influenciados pela forma de aplicação do bioestimulante. A aplicação deste, via foliar promoveu uma melhor produtividade (2369,75 kg ha⁻¹) em relação a aplicação no sulco de semeadura (1810,29 kg ha⁻¹). Não foram encontradas diferenças significativas entre as doses (0, 0,5, 1, 2 e 4 L ha⁻¹) de bioestimulante aplicadas via foliar, para a produtividade, pela análise de regressão (Tabela 6).

Corroborando com os resultados, Guesser *et al.* (2021) ao testarem o fertilizante organomineral e mineral nas doses de 0, 200, 400, 600, 800 kg ha⁻¹, na formulação de 07-10-14 para a cultura da soja também encontraram que ambos os fertilizantes contribuíram de maneira semelhante para a produtividade. Assim como, concluíram que o fertilizante organomineral pode substituir a adubação mineral tradicional na adubação da cultura da soja, bem como, aumentar os valores de carbono orgânico em solos de terras baixas. Varão (2022) também constatou que as variáveis produtividade e o número de grãos por vagem de soja não diferiram com o uso dos fertilizantes organomineral (2-12-12) e mineral (4-30-10), os quais foram utilizados nas doses de 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e o N e K foram ajustados para as mesmas doses em todas as parcelas com as fontes ureia e cloreto de potássio.

Benites *et al.* (2022) ao avaliarem a eficiência agronômica de fertilizantes organominerais (organomineral produzido com cama de frango crua e organomineral feito a partir de composto orgânico obtido pela mistura de cama de frango e bagaço de cana compostado) no fornecimento de P à soja em relação ao MAP, nas doses de 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (com base no P total do fertilizante), verificaram que não houve diferença estatística na produtividade da soja entre o fertilizante organomineral e o MAP aplicados na mesma dose de P ao solo.

Em concordância com o presente estudo, Almeida Júnior *et al.* (2022) notaram que os tratamentos com fertilizante organomineral nas doses de 350, 450, 550 kg ha⁻¹ foram superiores ao controle (ausência de aplicação). Além de concluírem por meio de uma curva polinomial que a dose de 600 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral propicia a máxima eficiência da produtividade de soja. Por outro lado, Almeida Júnior *et al.* (2020) verificaram que o fertilizante organomineral na dose de 750 kg ha⁻¹ promoveu maior produtividade de soja em vista do tratamento com ausência de aplicação. Costa *et al.* (2018) constataram que as doses (0, 400, 800 e 1000 kg ha⁻¹) de organomineral (02-10-10) proporcionaram um incremento significativo à produtividade e tal incremento teve correlação positiva com a dose, ou seja, a medida que a dose aumentou, maiores produtividades foram obtidas.

4 CONCLUSÕES

O uso do fertilizante organomineral com ou ausência de bioestimulante, e o fertilizante mineral propiciaram melhores resultados nos parâmetros de crescimento e produtividade.

De modo geral, verificou-se que o uso do fertilizante organomineral na ausência do bioestimulante ou em conjunto proporcionaram crescimento e produtividade da soja semelhantes.

O modo de aplicação de bioestimulante (via foliar ou sulco de semeadura) não impactou em diferenças significativas para altura de planta (AP), número de vagens (NV), número de vagens com 1 grão (NV1G), número de vagens com 2 grãos (NV2G), número de vagens com 3 grãos (NV3G), número de grãos por planta (NGP). No entanto, a aplicação de bioestimulante via foliar promoveu uma melhor produtividade em relação a aplicação no sulco de semeadura.

As doses de bioestimulante não diferiram entre si sob os parâmetros de crescimento e produtividade.

O fertilizante organomineral e o fertilizante mineral propiciaram resultados semelhantes para altura de planta, número de vagens, número de vagens com 1 grão, número de vagens com 2 grãos, número de vagens com 3 grãos, número de grãos por planta e produtividade de soja. Assim como, o fertilizante organomineral em conjunto com o bioestimulante não propiciaram diferenças sobre as variáveis em relação ao fertilizante mineral.

O fertilizante organomineral promoveu melhores médias de AP, NV, NV1G, NV2G, NV3G, NGP e produtividade em relação a ausência de adubação e bioestimulante.

REFERÊNCIAS

AHO, K. Package 'asbio'. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/asbio/index.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; JUSTINO, P. R. V.; SILVA, W. T. R.; CREMONESE, H. S. Utilização de adubação organomineral na cultura da soja. In: II COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR E CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 2017. **Anais eletrônicos** [...]. Mineiros: [s.l.], 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/olive/Downloads/admin,+UTILIZA%C3%87%C3%83O+DE+ADUBA%C3%87%C3%83O+ORGANOMINERAL+NA+CULTURA+DA+SOJA-216-583-1-SM.pdf>. Acesso em: 25 jan 2023.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; PEROZINI, A. C.; SOUSA, J. V. A.; RIBEIRO JUNIOR, L. F.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, S. L.; DUTRA, J. M.; LIBERATO, P. V. Análise das variáveis tecnológicas da soja em função das doses crescentes de fertilizante organomineral. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 87966-87972, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n10-281. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/19848/16954>. Acesso em: 24 jan. 2024.

ALMEIDA, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; PEREIRA, R. M.; SANTOS, L. J. S.; CREMONESE, H. S.; ALBINO, F. R.; SILVA, L. F.; SANTOS, M. M.; BARBOSA, U. R.; MIRANDA, B. C.; SILVA, V. J. A. Fertilizante organomineral da Cereal utilizado na cultura da soja na região Centro-Oeste do Brasil. **Conjecturas**, [s.l.], v. 22, n. 9, p. 541-553, 2022. DOI: <https://doi.org/10.53660/CONJ-1287-X61>. Disponível em: <http://www.conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1287/1070>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BENITES, V. D. M.; DAL MOLIN, S. J.; MENEZES, J. F. S.; GUIMARÃES, G. D. S.; MACHADO, P. D. A. Organomineral fertilizer is an agronomic efficient alternative for poultry litter phosphorus recycling in an acidic Ferralsol. **Frontiers in Agronomy**, [s.l.], v. 4, p. 785753, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.785753>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2022.785753/full>. Acesso em: 24 jan 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/manual-de-analise-sanitaria-de-sementes>. Acesso em: 11 jan. 2023.

CABRAL, F. L.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L. N. S.; PAIXÃO, C. F. C.; VIDAL, V. M.; BASTOS, Á. V. S. Evaluation of mineral and organomineral fertilization in soybean culture. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 9, n. 9, p. e614995402-e614995402, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.5402>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5402>. Acesso em: 24 jan. 2023.

FERNANDES, P. H.; PORTO, D. W. B.; FRANÇA, A. C.; FRANCO, M. H. R.; MACHADO, C. M. M. Uso de fertilizantes organominerais fosfatados no cultivo da alface e de milho em sucessão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 37907-37922, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-365>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11735>. Acesso em: 10 jan. 2023.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Package ‘ExpDes.pt’. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://mran.microsoft.com/snapshot/2020-02-28/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

GROSS, J.; LIGGES, U. Package ‘nortest’. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/nortest/index.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.

GUESSER, V. P.; MISSIO, E.; RUSSINI, A.; PINHO, P. J. Adubação organomineral e mineral e resposta da soja em terras baixas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 2376-2390, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-162>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22811/18292>. Acesso em: 24 jan. 2023.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica do nitrogênio. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Bioinsumos na Cultura da Soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 8, p. 141-162. E-Book. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1147044/1/cap-8-Bioinsumos-na-cultura-da-soja.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Dashboards**: produção da soja. Cuiabá, 2020a. Portal: IMEA. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/dashboards?c=4&d=1136863500319006720>. Acesso em: 13 dez. 2022.

INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Dashboards**: custo de produção da soja transgênica. Cuiabá, 2020b. Portal: IMEA. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/dashboards?c=4&d=1136863500319006720>. Acesso em: 13 dez. 2022.

KŁECZEK, A.; ANIELAK, A. M. Humic substances and significance of their application—a review. **Technical Transactions**, [s.l.], v. 118, n. 1, p. 3921, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37705/TechTrans/e2021012>. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.37705/TechTrans/e2021012>. Acesso em: 27 set. 2022.

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste and Biomass Valorization**, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 1781-1791, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-016-9805-9>. Acesso em: 14 dez. 2022.

KOVALSKI, A. R.; CASTRO, Y. O.; RAMOS, D. T.; ARAÚJO, L. L. M. Avaliação do desempenho agrônômico de diferentes cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com uso de bioestimulantes e herbicida hormonal. **PesquisAgro**, Confresa, v. 3, n. 1, p. 4-23, 2020.

Disponível em: [file:///C:/Users/olive/Downloads/651-Texto%20do%20artigo-3512-1-10-20200804%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/olive/Downloads/651-Texto%20do%20artigo-3512-1-10-20200804%20(1).pdf). Acesso em: 10 jan. 2023.

MOTA, R. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 131-137, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-018-0237-3#Tab5>. Acesso em: 24 jan. 2023.

PERIPOLLI, M.; SANCHOTENE, D. M.; LIMA, C. S.; CRISTOFARI, L. P.; PIVETTA, M.; CONCEIÇÃO, G. M.; ROSADO, G. F. Qualidade fisiológica de sementes de soja provenientes de dois tamanhos de peneira. **Vivências**, Erechim, v. 15, n. 29, p. 267-278, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v15i29.70>. Disponível em: <http://revistas.uri.br/index.php/vivencias/article/view/70>. Acesso em: 25 jan. 2023.

PRADO, M. R.; WEBER, O. L. D. S.; MORAES, M. F.; SANTOS, C. L.; TUNES, M. S. Liquid organomineral fertilizer containing humic substances on soybean grown under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 20, p. 408-414, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p408-414>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/gt693MV4KGrh8Vgrsz6db7B/?lang=en#>. Acesso em: 15 dez. 2022.

RODRIGUES, M. M.; VIANA, D. G.; OLIVEIRA, F. C.; ALVES, M. C.; REGITANO, J. B. Sewage sludge as organic matrix in the manufacture of organomineral fertilizers: Physical forms, environmental risks, and nutrients recycling. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 313, p. 127774, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127774>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621019922>. Acesso em: 24 jan. 2023.

SANTOS, A. M.; BERTOLI, A. C.; BORGES, A. C. C.; GOMES, R. A.; GARCIA, J. S.; TREVISAN, M. G. New organomineral complex from humic substances extracted from poultry wastes: synthesis, characterization and controlled release study. **Journal of the Brazilian chemical society**, [s.l.], v. 29, p. 140-150, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20170122>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/hLXTrpVbG3b6F7RytZ54QGj/abstract/?lang=en>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SILVA, J. H. B.; SILVA, A. V.; SILVA, C. M.; GOMES, T. R. V. R.; ARAÚJO, V. F. S.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, J. L. C.; DANTAS, V. C. M. F.; SILVA, J. A.; SOARES, A. O. G.; LOPES, A. S.; LEAL, M. P. S. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, [s.l.], v. 16, n. 5, p. 7-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36560/16520231664>. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1664>. Acesso em: 2 ago. 2023.

SOUSA, R.; HENRIQUE, B.; HENRIQUE, L.; HENRIQUE, H. Uso de fertilizante organomineral de liberação gradual de nutrientes na cultura da soja. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 0513-0519, 2020. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobecic2019/FTSP36.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2023.

VARÃO, L. C. Uso de fertilizantes organomineral e mineral para fornecimento de fósforo a cultura de soja. 2022. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Ceres, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3218/1/tcc_Lorena%20Correia%20Var%20c3%a3o.pdf. Acesso em: 24 de jan. 2023.

WEBER, J. Humic substances and their role in the environment. **EC Agriculture**, [s.l.], v. 3, p. 1-6, 2020. Disponível em: <https://bazawiedzy.upwr.edu.pl/info/article/UPWr9c9e5528d6cc4072847831949fdcd7ce/>. Acesso em: 14 dez. 2022.

WITHERS, P. J.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L. R.; BENITES, V. D. M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 8, n. 2537, p. 1-13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20887-z>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-20887-z>. Acesso em: 12 dez. 2022.

CAPÍTULO 3

FONTES E MODO DE APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA SOJA

RESUMO

A literatura demonstra inúmeras vantagens das substâncias húmicas para o solo e planta. Assim, tais substâncias são uma alternativa para melhorar o balanço nutricional das plantas, além de ser uma ferramenta sustentável, capaz de promover sistemas produtivos de soja mais eficientes. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho estudar diferentes fontes e modo de aplicação de bioestimulantes a base de substâncias húmicas e biorregulador vegetal na cultura da soja. O experimento foi conduzido em campo, no município de Pedrinópolis-MG na safra de 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi composta por oito linhas de 10 m de comprimento, espaçadas a 0,5 m, totalizando uma área de 40 m². O experimento foi composto por dez tratamentos, em que os tratamentos de 1 ao 4 consistiram na aplicação do bioestimulante 1, via foliar, em 4 doses (0,5; 1; 2; 4 L ha⁻¹) parceladas em duas vezes nos estádios V4 e R1. Assim como, nos tratamentos 5 e 6 testou-se o uso do bioestimulante 1 (2 ml kg de semente⁻¹ e 10 ml kg de semente⁻¹ respectivamente). No tratamento 7 foi utilizado o biorregulador (0,5 L ha⁻¹), via foliar, parcelado no estádio V4 e R1. No tratamento 8 foi realizado a aplicação do bioestimulante 2 (2 ml kg de semente⁻¹), o tratamento 9 consistiu no uso do bioestimulante 3 (2 ml kg de semente⁻¹) e o tratamento 10 foi o controle (ausência de aplicação do bioestimulante). No presente estudo todas as variáveis avaliadas como: altura de plantas, número de vagens por planta, número de vagens com 3, 2, 1, e 0 grãos e número total de grãos por planta, massa de mil grãos e produtividade não diferiram estatisticamente sob os diferentes manejos aplicados para a cultura da soja. Portanto, o uso dos bioestimulantes 1, 2, 3 e o biorregulador na cultura da soja não proporcionaram diferenças estatísticas em relação ao controle (ausência de bioestimulante) para todas as variáveis. O bioestimulante 1 em todas as doses via foliar nos estágios V4 e R1 da soja ou via tratamento de sementes não proporcionou incrementos significativos para os caracteres avaliados. Os bioestimulantes 2 e 3 na dosagem de 2 ml kg de semente⁻¹ e o biorregulador na dose de 0,5 L ha⁻¹ aplicado via foliar não se mostram superiores ao tratamento sem aplicação de bioestimulante e biorregulador.

Palavras-chaves: substâncias húmicas; resíduos orgânicos; biofertilizante.

ABSTRACT

The literature shows numerous advantages of humic substances for soil and plants. Thus, these substances are an alternative for improving the nutritional balance of plants, as well as being a sustainable tool capable of promoting more efficient soybean production systems. In this context, the objective of this work was to study different sources and application methods of biostimulants based on humic substances and plant bioregulators in soybean crops. The experiment was conducted in the field in the municipality of Pedrinópolis-MG during the 2021/2022 harvest. The experimental design used was randomized blocks, with four replications. Each plot was made up of eight 10 m long lines, spaced 0.5 m apart, totaling an area of 40 m². The experiment consisted of ten treatments, where treatments 1 to 4 consisted of foliar application of biostimulant 1 in 4 doses (0.5; 1; 2; 4 L ha⁻¹) applied twice at stages V4 and R1. Likewise, treatments 5 and 6 the use of biostimulant 1 (2 ml kg seed⁻¹ and 10 ml kg seed⁻¹ respectively). Treatment 7 used the bioregulator (0.5 L ha⁻¹), foliar application in installments at the V4 and R1. Treatment 8 used biostimulant 2 (2 ml kg seed⁻¹), treatment 9 used biostimulant 3 (2 ml kg seed⁻¹) and treatment 10 was the control (no biostimulant applied). In the present study, all variables evaluated such as: plant height, number of pods per plant, number of pods with 3, 2, 1, and 0 grains and total number of grains per plant, thousand grain mass and yield, did not differ statistically under the different managements applied to the soybean crop. Therefore, the use of biostimulants 1, 2, 3 and the bioregulator in the soybean crop did not provide statistical differences in relation to the control (absence of biostimulant) for all variables. Biostimulant 1 in all doses foliar application at stages V4 and R1 of the soybean or seed treatment did not provide significant increases for the characters evaluated. Biostimulants 2 and 3 at a dose of 2 ml kg seed⁻¹ and the bioregulator at a dose of 0.5 L ha⁻¹ applied foliar did not prove to be superior to the treatment without application of biostimulant and bioregulator.

Keywords: humic substances; organic waste; biofertilizer.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o plantio de soja para obtenção de grãos e seus subprodutos como óleo, farelo e entre outros é considerado a principal atividade agrícola do Brasil em virtude de sua incidência territorial e importância econômica-comercial (Piras; Wesz; Ghinoi, 2021). O cultivo de soja também tem relevância social, já que contribui com a renda familiar em algumas regiões brasileiras (Piras; Wesz; Ghinoi, 2021; Weinhold *et al.*, 2013), além de gerar receitas que são reinvestidas em programas de saúde e educação e também contribui para o abastecimento de carne suína e de aves à população, já que a soja é utilizada na dieta destes animais (Garrett; Rausch, 2016; Piras; Wesz; Ghinoi, 2021).

Na tentativa de aumentar a produtividade desta cultura, pesquisas são feitas afim de buscar novas alternativas ao uso de fertilizantes minerais. Desta forma, as substâncias húmicas, que são uma das principais frações da matéria orgânica natural, vêm se revelando uma alternativa promissora, em razão de promoverem a qualidade e produtividade do solo (Gautam *et al.*, 2021).

As substâncias húmicas possuem propriedades químicas que proporcionam inúmeras vantagens ao solo como: atenuam a erosão, removem poluentes (Mahler *et al.*, 2021), potencializam as propriedades físicas e a umidade do solo, melhora a fertilidade, pois apresenta alto potencial de troca de base e regulam a biodisponibilidade de nutrientes, devido a sua capacidade de formar complexos com íons metálicos, promovendo assim um aumento da disponibilidade de micronutrientes (zinco, manganês, cobre e ferro). As SHs também regulam o crescimento da planta e assimilação de minerais, bem como, também promovem o crescimento radicular das plantas, em função da melhoria da nutrição mineral do solo, contribuindo para o seu desenvolvimento (Gautam *et al.*, 2021).

Tais substâncias podem ser aplicadas de diferentes maneiras, como em sulco, via pulverização foliar, fertirrigação e tratamento de sementes (Coelho; Xavier; Pereira, 2020; Luz *et al.*, 2021; Paiva, 2020).

Luz *et al.* (2021) ao avaliar uso de diferentes dosagens (0, 50, 100 e 150 ml 100 kg⁻¹ de sementes) de substâncias húmicas no tratamento de sementes sobre o vigor, morfologia, acúmulo de biomassa e na fisiologia das plântulas de arroz (cultivar IRGA 431), observaram efeitos substanciais sobre o vigor das sementes, no acúmulo de biomassa e na fisiologia do desenvolvimento inicial das plântulas (até 20 DAS, estágio V3). Esta resposta inicial possivelmente está relacionada principalmente ao condicionamento fisiológico das sementes promovido pelas substâncias húmicas.

Já Silva *et al.* (2021) verificaram que a aplicação do bioestimulante a base de substâncias húmicas juntamente com o *Bradyrhizobium* em concentrações adequadas promoveu alterações na maioria dos estádios sucessivos da soja, afetou a morfologia do sistema radicular e aumentou o peso e o teor de N. Também foi constatado que todas as concentrações do bioestimulante (50, 100, 150, 200 e 4000 mg L⁻¹) promoveram maior indução de brotações em relação às raízes (relação raiz/parte aérea) e aumentaram o número de nódulos.

A aplicação de bioestimulante a base de substâncias húmicas no sulco de semeadura também se mostrou eficiente em experimento realizado por Ponce (2022) com a cultura de soja, no qual a autora observou um aumento da absorção de nutrientes pelas plantas e da disponibilidade de nutrientes no solo. Paiva (2020) também encontrou resultados positivos para a massa seca de raízes ao aplicar diferentes doses (0, 5, 10 e 20 L ha⁻¹) do bioestimulante a base de substâncias húmicas, na semeadura (metade da dose) e via foliar (metade da dose) quando o milho estava com 4 folhas completamente expandidas. A autora verificou que a dose de 5 L ha⁻¹ proporcionou maior massa seca de raízes.

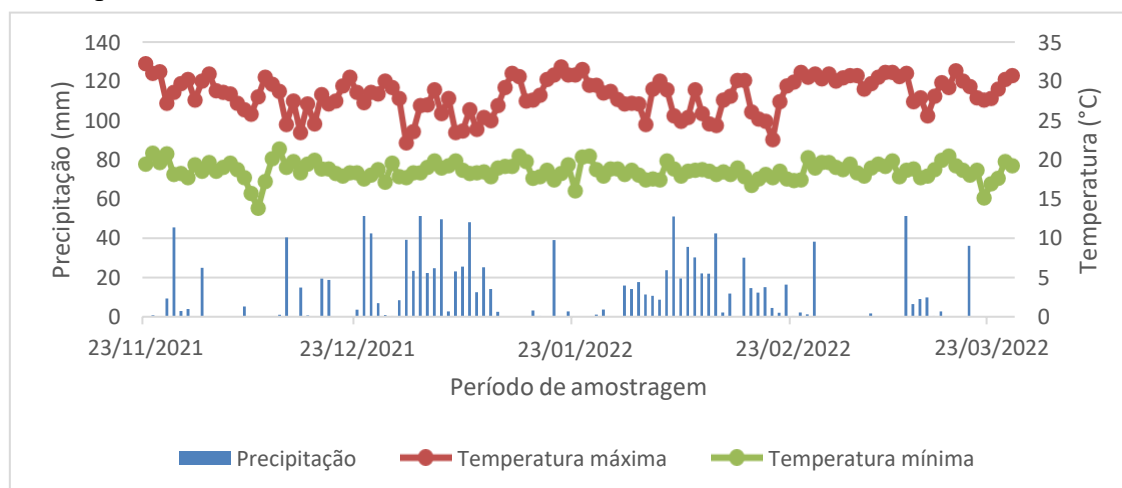
Os bioestimulantes são benéficos para a agricultura de forma geral se associados ao uso dos fertilizantes minerais. A sua utilização possui grande potencial de reduzir o consumo excessivo de adubos, contribuindo para uma agricultura mais produtiva e sustentável (Campos; Sousa; Junior, 2020). Portanto, com este trabalho objetivou-se estudar diferentes fontes e modo de aplicação de bioestimulantes a base de substâncias húmicas e biorregulador vegetal na cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e características do solo da área experimental

O experimento foi conduzido em campo, no município de Pedrinópolis, MG, localizado nas coordenadas geográficas de 19°12'27.1" de latitude sul e 47°25'51.6" de longitude oeste, na safra de 2021/2022. A área experimental utilizada foi de 1600 m², sendo 200 metros de comprimento por 8 metros de largura. Os dados meteorológicos foram coletados do município de Patrocínio e Araxá, cidades próximas a Pedrinópolis, as quais possuem estação meteorológica. Os dados de pluviosidade em Patrocínio e temperatura em Araxá registrados durante a condução do estudo estão representados na Figura 1.

Figura 1 - Pluviosidade em Patrocínio e temperatura em Araxá no período de condução do experimento.



Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2021).

Foram coletadas 8 amostras simples de solo a uma profundidade de 0 a 20 cm para formação de uma amostra composta, a qual foi feita a análise química e física do solo da área experimental, pelo laboratório da empresa Safrar, situado no município de Uberlândia-MG (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química e física da amostra de solo da área experimental. Pedrinópolis, 2021.

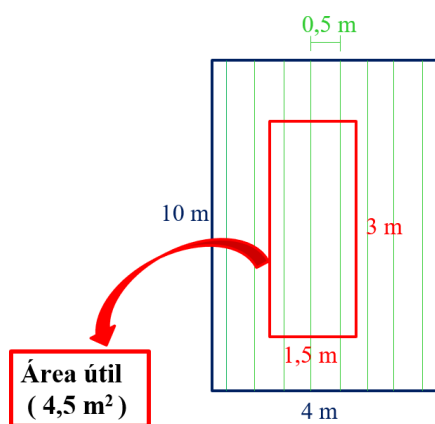
Características químicas									
Ph (H2O)	pH (CaCl)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Pmeh.	K ⁺	H+Al	CTC	SB
1: 2,5		----cmolc dm ⁻³ -----			---mg dm ⁻³ ---		-----cmolc dm ⁻³ ----		
5,9	5,3	3,6	1,4	0	5,3	0,1	2,20	7,31	5,11
t	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
cmolc dm ⁻³	---dag kg ⁻¹ ----		-----Mg dm ⁻³ -----					----%----	
5,11	1,9	1,13	0,28	1,0	26	9,7	1,2	70	0
Características físicas									
Areia total					Silte		Argila		
-----g kg ⁻¹ -----									
875					50		75		

pH em H₂O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3) cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; SB = Soma de bases; t = Capacidade de troca de cátions efetiva; CTC = Capacidade de troca de cátions a pH 7,0; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

2.2 Delineamento estatístico e parcela experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, composto por dez tratamentos e quatro repetições cada, perfazendo 40 parcelas experimentais. A unidade experimental foi constituída por uma área de 40 m², com 8 linhas de 10 metros de comprimento, espaçadas a 0,5 metros. A área útil estabelecida foi de 4,5 m², sendo 3 metros de comprimento por 1,5 metros de largura, a qual foi estabelecida para realizar a colheita da área total, a fim de mensurar a produtividade da soja (Figura 2). A bordadura foi composta por 1 linha de cada extremidade da parcela, bem como, 2 metros de cada extremo das linhas (ou seja, foi desprezado 2 metros no início e 2 metros no final de cada linha).

Figura 2- Esquema da parcela experimental.



Fonte: A autora.

2.3 Tratamentos

O experimento foi composto por 10 tratamentos, em que os tratamentos de 1 ao 4 consistiram na aplicação do bioestimulante 1, via foliar, testado em 4 doses diferentes (0,25; 0,5; 1; 2 L ha⁻¹) parceladas em duas vezes nos estádios V4 e R1. Por sua vez, os tratamentos 5 e 6 referiram-se ao uso do bioestimulante 1 no tratamento de sementes, na dose de 2 ml por kg de semente e 10 ml por kg de semente, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Doses e fontes de bioestimulante para a cultura da soja. Pedrinópolis, 2021/2022.

Tratamentos	Dose de aplicação
T1. Bioestimulante 1	0,25 L ha ⁻¹ em V4 0,25 L ha ⁻¹ em R1
T2. Bioestimulante 1	0,5 L ha ⁻¹ em V4 0,5 L ha ⁻¹ em R1
T3. Bioestimulante 1	1 L ha ⁻¹ em V4 1 L ha ⁻¹ em R1
T4. Bioestimulante 1	2 L ha ⁻¹ em V4 2 L ha ⁻¹ em R1
T5. Bioestimulante 1	2 ml por kg de semente
T6. Bioestimulante 1	10 ml por kg de semente
T7. Biorregulador	0,25 L ha ⁻¹ em V4 0,25 L ha ⁻¹ em R1
T8. Bioestimulante 2	2 ml por kg de semente
T9. Bioestimulante 3	2 ml por kg de semente
T10. Controle	Ausência de aplicação

Volume de calda utilizada na aplicação dos bioestimulantes e biorregulador de crescimento vegetal, via foliar: 300 L ha⁻¹.

No tratamento 7 foi utilizado o biorregulador de crescimento vegetal, via foliar, na dose de 0,25 L ha⁻¹, parcelada nos estádios V4 e R1. Enquanto no tratamento 8 foi realizado a aplicação do bioestimulante 2 no tratamento de sementes, na dose de 2 ml por kg de semente, bem como, no tratamento 9 foi também testado a mesma dose em tratamento de semente, porém do bioestimulante 3. O último tratamento (T10) foi o controle (ausência de aplicação do bioestimulante) (Tabela 2).

2.4 Composição dos bioestimulantes

Tabela 3 - Composição química dos bioestimulantes

Bioest. 1	Ácido Fúlvico	NO ₃ -N	K							
(% m/v)	3	1	8							
Biorreg.	Ácido Indolbutírico	Cinetina	Ácido Giberélico							
(% m/v)	0,005	0,009	0,005							
Bioest. 2	Carbono Orgânico	N	P ₂ O ₅	Co	Mo					
(% pp)	6	3	3	0,3	2					
Bioest. 3	Ácido Fúlvico	Carbono Orgânico	K ₂ O	P ₂ O ₅	Mg	S	Zn	Mn	Mo	B
(% pp)	12	6	2	3	1	2,38	2	0,5	0,1	0,5

Bioest. 1: Bioestimulante 1. Biorreg.: Biorregulador. Bioest. 2: Bioestimulante 2. Bioest. 3: Bioestimulante 3. Densidade do bioestimulante 2: 1,22 g ml⁻¹. Densidade do Bioestimulante 3: 1,20 g ml⁻¹.

2.5 Semeadura e condução

Foi realizada a semeadura no dia 23 de novembro de 2021, da variedade de soja Brasmax bônus, a qual foi semeada a um espaçamento entre planta de 0,07 metros, ou seja, 15 plantas por metro linear, e com população ajustada para 300 mil plantas por hectare. A adubação de plantio utilizada de forma igualitária em todos os tratamentos foi de 250 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral de formulação 7-35-10 (NPK mineral).

Para a aplicação dos tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T7) via foliar no estágio V4 e R1 utilizou-se um pulverizador costal de 20 litros. Já o tratamento de sementes com os bioestimulantes testados (T5, T6, T8 e T9) foi feito da seguinte maneira: as sementes foram colocadas em um saco plástico, em seguida foi adicionado a dose do produto (bioestimulante) referente a cada tratamento. Por fim, a embalagem plástica com as sementes, juntamente com o bioestimulante foram agitadas até atingirem total uniformidade e cobertura homogênea.

O manejo de pragas, doenças e plantas infestantes foram realizados sem distinção em toda área experimental de acordo com a tomada decisão do produtor rural.

2.6 Avaliações

A avaliação de altura de planta (AP) foi feita 60 dias após a emergência da soja (DAE), em que foram medidas 5 plantas aleatórias das 4 linhas centrais de cada parcela, desprezando 2 metros de bordadura de cada extremidade.

No mesmo dia da colheita da área útil (26/03/22) para mensuração da produtividade foram coletadas 10 plantas aleatórias por parcela, desprezando a área útil (4,5 m²) e a bordadura (1 linha de cada extremidade da parcela, bem como, 2 metros de cada extremo das linhas), a fim de avaliar as variáveis número de vagens por planta (NV), número de vagens com 3 (NV3G), 2 (NV2G), 1 (NV1G) e 0 (NV0G) grãos e número total de grãos por planta (NGP).

Para a estimativa da produtividade foi realizado a colheita da área útil de 4,5 m² de cada parcela, posteriormente a soja foi trilhada (separação do grão da planta) e seus grãos foram peneirados para retirada de impurezas. Em seguida foi feito a medição da umidade por meio do medidor de umidade para que fosse realizado a pesagem dos grãos de soja. Desta forma, foi possível ajustar a umidade para 13%, mediante a fórmula: $PF = PI \times (100 - UI) / (100 - UF)$, sendo PF: o peso final da amostra, PI: peso inicial da amostra, UI: umidade inicial da amostra e UF: umidade final da amostra (13%), para converter os valores obtidos em kg ha⁻¹.

Também foi estimado a massa de 1000 grãos (MMG), por meio da metodologia do RAS (Regras de análise de sementes) (BRASIL, 2009). E para tal foi utilizado os grãos colhidos da área útil de cada parcela. Posteriormente, também realizou a correção da umidade para 13%.

2.7 Análise estatística

Os resultados de avaliações foram preliminarmente, testados quanto as pressuposições de normalidade de resíduos pelo teste Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), a homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$) e aditividade de blocos pelo teste de não aditividade de Tukey ($p < 0,05$). Os dados de NV, NV0G, NV2G, NV1G e NGP foram transformados em $\sqrt{x}$ para análise estatística. Contudo, mesmo após a transformação de dados NV e NGP não atenderam as pressuposições.

Os dados de todos os caracteres, com exceção do NV e NGP, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de F Snedecor ($p < 0,05$). A comparação das médias dos tratamentos em relação ao controle foi realizada pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Para NV e NGP foi aplicado teste estatístico não paramétrico de Friedman ($p < 0,05$) para verificar se havia efeito dos tratamentos sobre estes caracteres.

O programa estatístico utilizado foi o R versão 4.0.2, em que a ANOVA, o teste de Dunnett e o teste de homogeneidade das variâncias de O'Neill e Mathews foram executados com os scripts desenvolvidos para o pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2018), enquanto o teste de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilk foi executado utilizando scripts desenvolvidos para o pacote de dados Nortest versão 1.0-4 (Gross; Ligges, 2015). Por sua vez, para o teste de não aditividade de Tukey foi utilizado os scripts desenvolvidos para o pacote asbio versão 1.8-3 (Aho, 2023) e o teste de Dunnett foi executado utilizando scripts desenvolvidos para o pacote multcomp versão 1.4-20 (Hothorn *et al.*, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste de variância ($p < 0,05$), sob as características vegetativas avaliadas para a soja cv. Brasmax bônus, sendo elas, altura de plantas (AP), número médio de vagens (NV), número de vagens com 0 grãos (NV0G), número de vagens com 1 grão (NV1G), número de vagens com 2 grãos (NV2G) e número de vagens com 3 grãos (NV3G). Bem como, pelo teste de Dunnett não foram observadas diferenças entre o controle (ausência de aplicação) (T10) e os demais tratamentos em estudo (Tabela 4).

Tabela 4 - Altura de planta (AP), número de vagens (NV), número de vagens com 0 (NV0G), 1 (NV1G), 2 (NV2G) e com 3 grãos (NV3G) de soja cv. Bramax bônus, submetidas a diferentes tratamentos em Pedrinópolis (MG) na safra 2021/2022.

Tratamentos	AP	NV	NV0G	NV1G	NV2G	NV3G
	cm planta ⁻¹	vagens planta ⁻¹				
T1	76,60	55,17	0,97	17,50	33,07	3,62
T2	73,00	52,60	0,80	16,70	31,02	4,07
T3	73,55	49,00	0,52	15,40	28,82	4,25
T4	73,40	51,82	0,57	17,45	29,80	4,00
T5	77,30	50,20	0,95	17,77	27,17	4,30
T6	76,00	57,75	1,02	18,95	32,40	5,37
T7	76,85	50,05	0,70	18,05	26,60	4,70
T8	75,45	50,02	1,05	16,40	28,90	3,67
T9	77,35	50,00	0,72	16,97	28,72	3,57
Controle*	74,35	50,95	1,20	16,97	28,42	4,35
CV (%)	6,33	14,47	37,47	7,80	8,23	24,42
Normalidade ¹ (p-valor)	0,5315	0,0023	0,4050	0,1036	0,1049	0,1340
Homogeneidade ² (p-valor)	0,6918	0,2025	0,2556	0,2413	0,3360	0,2406
Aditividade ³ (p-valor)	0,4503	0,5625	0,3229	0,7238	0,5666	0,4580
Teste de Friedman (p-valor)	-	0,6453	-	-	-	-
Qui-quadrado de Friedman	-	6,9210	-	-	-	-

*Tratamento difere do controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). ¹Normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). ²Homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$). ³Teste de aditividade de Tukey ($p < 0,05$). T1: 0,5 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T2: 1,0 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T3: 2,0 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T4: 4,0 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T5: 2 mL kg semente⁻¹ de bioestimulante 1; T6: 10 mL kg semente⁻¹ de bioestimulante 1; T7: 0,5 L ha⁻¹ do biorregulador comercial; T8: 2 mL kg semente⁻¹ do bioestimulante 2; T9: 2 mL kg semente⁻¹ do bioestimulante 3; Controle: sem aplicações.

Todos os caracteres apresentaram variâncias homogêneas. Por sua vez, estes também apresentaram resíduos com distribuição normal, exceto o NV, e o modelo foi aditivo. Não foi

detectado efeito dos tratamentos sobre o NV de plantas de soja pelo teste de Friedman (Tabela 4).

As substâncias húmicas influenciam no crescimento da planta, mesmo em pequenas concentrações (SILVA et al, 2020), devido à sua atuação semelhante à auxina, pois aumentam a síntese e atividade da ATPase na membrana plasmática, a qual é uma enzima responsável por converter energia para o transporte transmembrana de nutrientes. Portanto, ATPase contribui para energizar os transportadores de íons secundários, promovendo a absorção de nutrientes nas culturas (LUZ; BRITO, 2022; JINDO et al., 2020). No entanto, no presente trabalho os bioestimulantes aplicados, mesmo com a variação de doses testadas não promoveram incrementos significativos para altura de planta em relação ao controle.

Costa et al. (2022) também não encontraram diferenças estatísticas para altura de plantas ao avaliar diferentes doses (0, 10, 20 e 40 L ha⁻¹) de um bioestimulante composto por 10,0% de K₂O (113,00g L⁻¹), cerca de 45% de carbono orgânico total, sendo 28% de AH e 17% de AF), aplicado sobre a palhada 5 dias após a semeadura da soja. O autor atribui este resultado à possibilidade dos ácidos húmicos e fúlvicos aplicados em superfície terem sido inibidos, devido a sua interceptação pela palhada das plantas de cobertura de inverno, associada ao histórico de cultivo da área experimental sob sistema de plantio direto há mais de 30 anos. Este sistema de manejo contribui para a manutenção de elevados teores de MO nas camadas superficiais do solo (ROSSET et al., 2019).

Spiazzi (2021) também observou que a altura de plantas de soja não diferiu entre os tratamentos avaliados (co-inoculação; co-inoculação + bioestimulante a base de substâncias húmicas + escarificação; e co-inoculação + bioestimulante a base de substâncias húmicas + não escarificado; e testemunha- sem aplicação e co-inoculação).

Porém, na literatura muitos autores relatam as contribuições do uso das substâncias húmicas. Silva et al. (2022) constataram que a aplicação de AH no tratamento de semente e via foliar auxilia no crescimento das plantas de soja e induz a modulação da comunidade endofítica. Bem como, observaram que tal substância tem potencial para promover a manutenção do crescimento vegetal mesmo em condições ambientais adversas, favorecendo o melhor desempenho da planta frente aos estresses ambientais, além de incrementar microrganismos benéficos à planta.

Campos (2020) verificaram que a concentração de 25% de SH resultou em um melhor crescimento, o qual foi observado mediante a mudanças na arquitetura radicular, em maior acúmulo de matéria seca e em melhorias das condições bioquímicas, as quais foram notadas ao

avaliar as enzimas do estresse oxidativo de plantas de soja, dependente de uma disponibilidade de água específica (70%).

Rozatti, Borsoi e Mancini (2022) também não encontraram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos com biofertilizantes a base de substâncias húmicas na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$ no sulco da semeadura da soja, em relação ao controle (sem aplicação), sob a variável número de vagens por planta. Assim como, em trabalho realizado por Spiazzi (2021), o qual avaliava o uso de bioestimulante a base de substâncias húmicas aplicado no sulco de semeadura da soja, com a co-inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, os tratamentos não diferiram da testemunha para número de vagens por planta. Coutin (2021), ao avaliar os componentes de produção da cultura da soja através da aplicação via foliar de doses ($1,5$, 3 e $6 \text{ mmolc de C L}^{-1}$) de ácido fúlvico em diferentes estágios de desenvolvimento (V3, R1 e R5) observou que o uso de ácido fúlvico não resultou em aumento significativo do número de vagens com 1, 2 ou 3 grãos e sequer o número de vagens totais.

Em experimento conduzido por Schneider (2020), no qual testou um bioestimulante composto por 0,5% de nitrogênio, 16,70% de AHs, 1,3% AF e 14% de carbono orgânico total, nas doses de 0; 1,5; 3,0; 4,5; e $6,0 \text{ L ha}^{-1}$, aplicado no sulco de semeadura, ao avaliar altura de plantas, número de vagens por planta e número de grãos por vagem não verificaram efeito do bioestimulante sobre as variáveis e concluíram que a prática da adubação tradicional, sem uso de fontes orgânicas, é suficiente para o desempenho agrônômico da cultura. Contudo, as substâncias húmicas em função de seus grupos funcionais, propulsionam o crescimento e incremento de biomassa das plantas, assim como o aumento em número de flores e frutos, impactando diretamente em um potencial aumento de produtividade das culturas (ROZATTI; BORSOI; MANCINI, 2022).

As demais características avaliadas, número de grãos por planta, massa de mil grãos (g) e produtividade em kg ha^{-1} da cultivar cv. Brasmax bônus não diferiram estatisticamente entre si pelo teste F. Assim como, pelo teste de Dunnett não houve diferença entre os tratamentos em relação ao controle (Tabela 5).

Tabela 5 - Número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos de soja cv. Bramax bônus, submetidas a diferentes tratamentos em Pedrinópolis (MG) na safra 2021/2022.

Tratamentos	NGP (grãos planta ⁻¹)	MMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	94,52	165,50	3362,07
T2	90,97	163,77	2606,05
T3	85,80	164,60	2686,32
T4	89,05	166,22	2565,47
T5	85,02	162,00	2822,77
T6	99,87	169,82	3135,30
T7	85,35	166,25	2867,17
T8	85,22	156,67	3017,82
T9	85,15	168,02	3467,10
Controle*	86,87	163,85	2842,15
CV (%)	14,58	3,30	18,82
Normalidade ¹ (p-valor)	0,0032	0,8502	0,1024
Homogeneidade ² (p-valor)	0,2223	0,9297	0,3186
Aditividade ³ (p-valor)	0,7681	0,1166	0,3117
Teste de Friedman (p-valor)	0,7806	-	-
Qui-quadrado de Friedman	5,5857	-	-

*Tratamento difere do controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). ¹Normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). ²Homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews ($p < 0,05$). ³Teste de aditividade de Tukey ($p < 0,05$). T1: 0,5 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T2: 1,0 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T3: 2,0 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T4: 4,0 L ha⁻¹ de bioestimulante 1; T5: 2 mL kg semente⁻¹ de bioestimulante 1; T6: 10 mL kg semente⁻¹ de bioestimulante 1; T7: 0,5 L ha⁻¹ do biorregulador comercial; T8: 2 mL kg semente⁻¹ do bioestimulante 2; T9: 2 mL kg semente⁻¹ bioestimulante 3; Controle: ausência de aplicação.

Todos os caracteres apresentaram variâncias homogêneas. Por sua vez, estes também apresentaram resíduos com distribuição normal, exceto o NGP, e o modelo foi aditivo. Não foi detectado efeito dos tratamentos sobre o NGP de plantas de soja pelo teste de Friedman (Tabela 5).

Os resultados desta pesquisa corroboram com Rozatti, Borsoi e Mancini (2022), que não encontraram diferenças estatísticas para massa de mil grãos e produtividade ao testarem o uso de diferentes bioestimulante a base de substâncias húmicas na dose de 2,0 L ha⁻¹ no sulco da semeadura da soja, em relação ao controle (ausência de aplicação). Schneider (2020) também

observou que a massa de mil grãos não diferiu entre os tratamentos com bioestimulante a base de substâncias húmicas e a testemunha (sem aplicação de bioestimulante). Assim como, Coutin (2021), constatou que a aplicação de ácido fúlvico isolado nas diferentes épocas e doses não resultou em diferença significativa para massa de mil grãos e produtividade.

Em contrapartida muitos estudos apontam os benefícios e resultados positivos das SHs em experimentos em campo. Como por exemplo, Spiazzi (2021) ao avaliar uso das bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, inoculadas via tratamento de semente, juntamente com bioestimulante a base de ácido húmico e fúlvico aplicado no sulco de semeadura na dosagem de 20 L ha⁻¹ em solo sem e com escarificação sobre os parâmetros agronômicos da cultura da soja, verificaram que a co-inoculação em associação com o bioestimulante propiciaram os maiores ganhos de produtividade em relação a testemunha (ausência de inoculação e aplicação de bioestimulante). Em relação a variável massa de mil grãos todos os tratamentos (co-inoculação; co-inoculação + bioestimulante + escarificação; e co-inoculação + bioestimulante + não escarificado) se mostraram superiores em relação a testemunha.

De acordo com Rosa et al. (2021), os quais avaliaram diferentes formulações e dosagens de um bioestimulante a base de extrato de algas marinhas *Ascophyllum nodosum* (L.) e ácidos fúlvicos, verificaram que todos os tratamentos com o bioestimulante atuaram na mitigação dos efeitos negativos do déficit hídrico e no aumento da produtividade e massa de 100 grãos da soja.

Na literatura existem resultados distintos a respeito do uso de substâncias húmicas na cultura de soja e demais culturas, sugerindo que fatores como: fonte e dose da SH em questão, genótipo, ambiente de cultivo e tempo de submissão exercem influência (SILVA et al., 2020).

4 CONCLUSÕES

Os bioestimulantes 1, 2, 3 e o biorregulador na cultura da soja não proporcionaram diferenças estatísticas entre si e em relação a não aplicação do bioestimulante para altura de plantas, número de vagens por planta, número de vagens com 3, 2, 1 e 0 grãos, número total de grãos por planta, massa de mil grãos e produtividade total (t ha^{-1}).

O bioestimulante 1 em todas as doses via foliar nos estágios V4 e R1 da soja, ou via tratamento de sementes, não proporcionou incrementos significativos para os caracteres avaliados. Os bioestimulantes 2 e 3 na dosagem de $2 \text{ ml kg de semente}^{-1}$ e o biorregulador na dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ aplicado via foliar não se mostram superiores ao tratamento sem aplicação de bioestimulante e biorregulador.

Com base nos resultados do estudo presente, não é indicado o uso de bioestimulantes e regulador de crescimento para a promoção de incremento na produtividade da cultura da soja. Contudo, mais estudos devem ser realizados a fim de ampliar o conhecimento sobre a dinâmica dos bioestimulantes e reguladores de crescimento nas plantas.

REFERÊNCIAS

- AHO, K. Package 'asbio'. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/asbio/index.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/manual-de-analise-sanitaria-de-sementes>. Acesso em: 30 maio 2023.
- CAMPOS, Amanda Reis de Melo. **Influência das substâncias húmicas e diferentes disponibilidades de água no solo em soja**. 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2359/1/amanda_reis_melo_campos.pdf. Acesso em: 13 jan. 2022.
- CAMPOS, T. S.; SOUSA, W. S.; OLIVEIRA JUNIOR, V. D. Uso de bioestimulantes no incremento da produtividade de grãos. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/olive/Downloads/9730-Texto%20do%20artigo-36856-1-10-20200309%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/olive/Downloads/9730-Texto%20do%20artigo-36856-1-10-20200309%20(1).pdf). Acesso em: 12 jan. 2023.
- COELHO, E.; XAVIER, F. D. S.; PEREIRA, B. D. S. Uso de substâncias húmicas para melhoramento de um latossolo amarelo distrocoeso. **Embrapa Mandioca e Fruticultura- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, Cruz das Almas, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218878/1/ComunicadoTecnico175-Eugenio-Ainfo.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.
- CONTIN, R. F.; CLAUDINO, T. M.; ANDRZEJEWSKI, J. H. S.; DELGADO, J. F. D. O.; BELLETTINI, S. Aplicação via foliar de doses de ácido fúlvico em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura da soja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 14701-14709, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-205. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24548/19615>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- COSTA, A.; FREITAS NETO, A. H.; SZIMSEK, C.; MURARA, H. G.; LEHMKUHL, L. Atributos físicos e químicos do solo e produção de milho e soja em função da aplicação de condicionador de solo. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 35, n. 1, p. 79-84, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i1.1117>. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1117/1303>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. 2. ed., Brasília, p. 628, 2009. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083136.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Package 'ExpDes.pt'. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://mran.microsoft.com/snapshot/2020-02-28/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

GARRETT, R. D.; RAUSCH, L. L. Green for gold: social and ecological tradeoffs influencing the sustainability of the Brazilian soy industry. **The Journal of Peasant Studies**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 461-493, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2015.1010077>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03066150.2015.1010077>. Acesso em: 12 jan. 2023.

GAUTAM, R. K.; NAVARATNA, D.; MUTHUKUMARAN, S.; SINGH, A.; ISLAMUDDIN; MORE, N. Humic Substances: Its Toxicology, Chemistry and Biology Associated with Soil, Plants and Environment. In: MAKAN, A. **Humic Substance**. Londres: IntechOpen, 2021. cap. 6, p. 97-110. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/77091>. Acesso em: 18 out. 2021.

GROSS, J.; LIGGES, U. Package ‘nortest’. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/nortest/index.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P.; HEIBERGER, R. M.; SCHUETZENMEISTER, A.; SCHEIBE, S. Package ‘multcomp’. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/multcomp/index.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.

JINDO, K.; OLIVARES, F. L.; MALCHER, D. J. D. P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; KEMPENAAR, C.; CANELLAS, L. P. From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. **Frontiers in plant science**, [s.l.], v. 11, p. 426, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00426>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00426/full>. Acesso em: 18 jan. 2023.

LUZ, J. H. S.; ARAUJO, L. S.; CARDEAL, I. R. P.; OLIVEIRA, H. P.; NUNES, B. H. D. N.; SILVA, H. D.; RIBEIRO, E. A. Substâncias húmicas no tratamento de sementes de arroz alteram o vigor e morfofisiologia das plântulas. **Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 7, n. 1, p. 11-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v7i1.5205>. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/5205/2601>. Acesso em: 12 jan. 2023.

LUZ, J. H. S.; BRITO, L. E. M. A eficiência do uso de fósforo pode ser melhorada com o uso de substâncias húmicas? Uma revisão. **Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 8, n. 2, p. 13-13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v8i2.7928>. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/7928>. Acesso em: 18 jan. 2023

MAHLER, C. F.; SVIERZOSKI, N. S.; BERNARDINO, C. A. R. Chemical characteristics of humic substances in nature. In: MAKAN, A. **Humic Substance**. Londres: IntechOpen, 2021. cap. 8, p. 139- 152. E-Book. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/76810>. Acesso em: 1 de nov. de 2022.

PAIVA, Maria José do Amaral. **Ação e modo de aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos sobre características morfológicas e fisiológicas de milho**. 2020. 47 f. Dissertação (Mestrado em Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/28301/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2023.

PIRAS, S.; WESZ JÚNIOR, V. J.; GHINOI, S. Soy expansion, environment, and human development: an analysis across Brazilian municipalities. **Sustainability**, [s.l.], v. 13, n. 13, p. 7246, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13137246>. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7246>. Acesso em: 12 jan, 2023.

PONCE, Maria Clara Resende. **Fontes e doses de biofertilizantes nas culturas da soja e do milho**. 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/34627/1/FontesDosesBiofertilizantes.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2023.

ROSA, V. D. R.; SANTOS, A. L. F.; SILVA, A. A.; SAB, M. P. V.; GERMINO, G. H.; CARDOSO, F. B.; ALMEIDA SILVA, M. Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 158, p. 228-243, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.008>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942820305593>. Acesso em: 19 jan. 2023.

ROSSET, J. S.; LANA, M. C.; PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; RAMPIM, L.; SARTO, M. V. M. Organic matter and soil aggregation in agricultural systems with different adoption times. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 6, p. 3443-3460, 2019. DOI:

10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3443. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Sarto2/publication/336669668_Organic_matter_and_soil_aggregation_in_agricultural_systems_with_different_adoption_times/links/5dab24a14585155e27f6ea0c/Organic-matter-and-soil-aggregation-in-agricultural-systems-with-different-adoption-times.pdf. Acesso em: 10 jan.

2022.

ROZATTI, A. L.; BORSOI, A.; MANCINI, C. Características agronômicas e produtividade da soja com utilização de condicionadores de solo e bioestimulantes no sulco da semeadura. **Revista Cultivando o Saber**, [s.l.], p. 1-12, 2022. Disponível em:

<https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1131/1013>. Acesso em: 17 jan. 2023.

SCHNEIDER, Fernando Luiz. **Fontes de carbono orgânico sobre o desempenho agrônomo da cultura da soja e teores de fósforo e potássio no solo**. 2020. 52 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020. Disponível em:

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5022/1/carbonoorganicosojateoresfosforo.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SILVA, L. D. S.; SILVA, H. F. O.; LIMA, A. C. B. D. P.; TAVARES, O. C. H.; GARCÍA, A. C.; BERBARA, R. L. L. Efeito de substâncias húmicas em parâmetros morfológicos e na concentração de pigmentos cloroplastídicos da parte aérea de *Oryza sativa* L cv. Esmeralda. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, v. 15, n. 2, 2020. **Anais eletrônicos** [...]. São Cristovão: [s.n.], 2020. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6183/4103>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SILVA, M. S. R. D. A.; CARVALHO, L. A. L.; BRAOS, L. B.; ANTUNES, L. F. S.; SILVA, C. S. R. A.; PINHEIRO, D. G.; SILVA, C. G. N.; CORREIA, M. I. F.; ARAÚJO, E. S.; COLNAGO, L. A.; DESOIGNIES, N.; ZONTA, E.; RIGOBELLO, E. C. Effect of the application of vermicompost and millicompost humic acids about the soybean microbiome under water restriction conditions. **Frontiers in Microbiology**, [s.l.], v. 13, p. 1000222, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1000222>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.1000222/full>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SILVA, M. S. R. D. A.; SANTOS, B. D. M. S.; CHÁVEZ, D. W. H.; OLIVEIRA, R.; SANTOS, C. H. B.; OLIVEIRA, E. C.; RIGOBELLO, E. C. K-humate as an agricultural alternative to increase nodulation of soybeans inoculated with *Bradyrhizobium*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 36, p. 102129, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102129>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818121002255>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SPIAZZI, J. **Co-inoculação e condicionador de solo sobre a produtividade da cultura da soja**. 2021. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29168/3/coinoculacaocondicionadoressoloproductividadesoja.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

WEINHOLD, D.; KILLICK, E.; REIS, E. J. Soybeans, poverty and inequality in the Brazilian Amazon. **World Development**, [s.l.], v. 52, p. 132-143, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.11.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X12003087>. Acesso em: 12 jan. 2023.