

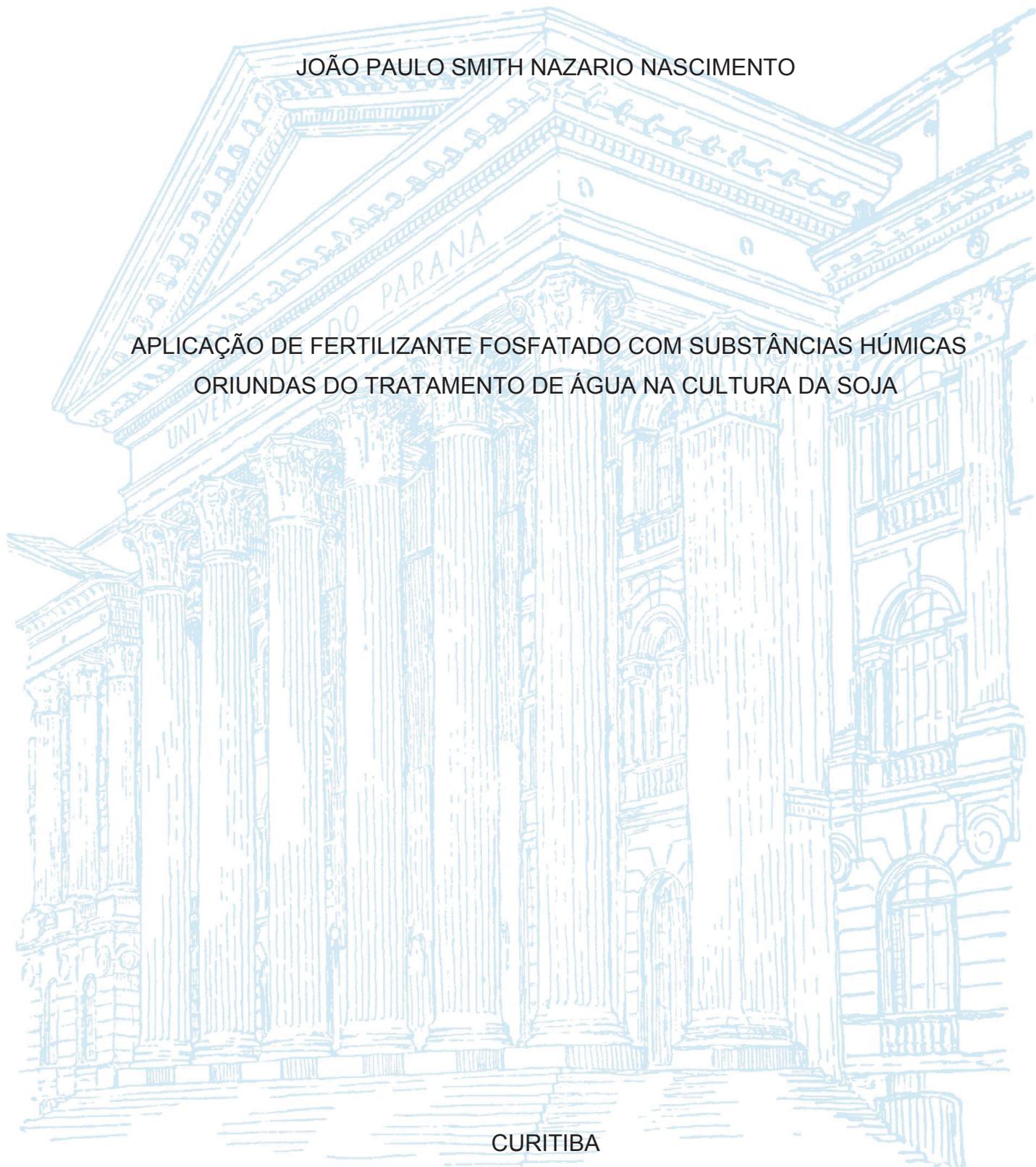
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PAULO SMITH NAZARIO NASCIMENTO

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE FOSFATADO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
ORIUNDAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA NA CULTURA DA SOJA

CURITIBA

2019



JOÃO PAULO SMITH NAZARIO NASCIMENTO

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE FOSFATADO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
ORIUNDAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA NA CULTURA DA SOJA

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em fertilidade do solo e nutrição de plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em fertilidade do solo e nutrição de plantas.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO PAULO SMITH NAZARIO NASCIMENTO

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE FOSFATADO COM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS ORIUNDAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA NA CULTURA DA SOJA

Monografia/TCC apresentada ao curso de Pós-Graduação em fertilidade do solo e nutrição de plantas, Setor de Ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em fertilidade do solo e nutrição de plantas.

Prof. Dr. Volnei Pauletti

Orientador(a) – Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Prof^a. Dr^a. Eloá Moura Araújo

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Prof. Dr. Marco Aurélio de Melo Machado

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Curitiba, 24 de setembro de 2019.

A todos aqueles que como eu querem impactar positivamente o mundo e as pessoas no pouco tempo que tem disponível nesse planeta.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pela saúde, proteção e bênçãos durante toda minha jornada vitoriosa.

A minha família e amigos, pelo carinho, apoio e incentivo.

Ao Prof. Dr. Volnei Pauletti, pela oportunidade de aprender com seus ensinamentos em aula e com o aprendizado oriundo de sua orientação e neste projeto.

A Giancarlo Valduga, pela supervisão na realização do experimento, direcionamento do tema e de como otimizar o uso dos dados de resultados.

Aos demais professores do curso de Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade da obtenção deste título e pelos ensinamentos que contribuíram no aperfeiçoamento da minha formação profissional.

Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível (Charles Chaplin).

RESUMO

Substâncias húmicas (SH) são reconhecidas por possuírem bioatividade benéfica às plantas. Há diversas fontes de SH sendo a grande maioria extraída de matéria orgânica naturalmente humificada, compostos ou vermicompostos ou de depósitos naturais, como a leonardita, não sendo usual a utilização de SH oriundas de reaproveitamento de subprodutos ou resíduos industriais. Do tratamento das águas do Rio Negro, no estado do Amazonas, para o abastecimento humano, obtém-se um lodo rico em SH, que pode ser utilizado na agricultura. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de fertilizantes fosfatados aditivados com essas substâncias húmicas oriundas de tratamento de água na cultura da soja. O lodo contendo SH foi manipulado quimicamente de distintas formas, e usado no experimento partindo de sua forma *in natura*, até a sua forma onde houve reação com base forte. Ficou clara a influência positiva da adubação fosfatada no crescimento da soja, o que não foi observado entre os aditivos avaliados.

Palavras-chave: Substâncias húmicas. Resíduo de tratamento de água. Promoção do crescimento vegetal. Bioatividade.

ABSTRACT

Humic substances (SH) are recognized by having beneficial bioactivity to plants. There are several sources of humic substances, most of which are extracted from naturally humified organic matter, composts or vermicompost or from natural deposits, such as leonardite, and it is not usual to use SH from reuse of by-products or industrial waste.

From the treatment of Rio Negro waters for human consumption, in the state of Amazonas, a sludge rich in humic substances (SH) is obtained, which could be used in agriculture. The present work aims to evaluate the effect of phosphate fertilizers enriched with these humic substances from water treatment in soybean.

The sludge containing SH was chemically manipulated in different ways, and used in the experiment starting from its natural form, to its form reacted with a strong alkalyne solution. The positive influence of phosphate fertilization on soybean growth was clear, however, in the case of the evaluated additives and their doses, there was not statistical evidence of the impact on growth stimulus.

Keywords: Humic Substances. Waste of water treatment. Plant growth promotion. Bioactivity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LODO IN NATURA, LÍQUIDO (ESQUERDA) E LODO APÓS SECAGEM (DIREITA).....	26
FIGURA 2 – LODO APÓS SECAGEM, ADICIONADO A ÁGUA	27
FIGURA 3 – LODO TRATADO COM SOLUÇÃO ALCALINA, SECO (E) E APÓS RESSOLUBILIZADO EM ÁGUA (D)	27
FIGURA 4 – GRANULAÇÃO EM BANCADA COM GRANULADOR DE PRATO.	28
FIGURA 5 – DISPOSIÇÃO DOS VASOS DO EXPERIMENTO	29

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – MASSA SECA EM G.VASO-1 DE RAIZ, PARTE AÉREA E TOTAL, SUBMETIDOS A DOSES DE FÓSFORO.....	33
GRÁFICO 2 – MASSA SECA, EM G.VASO-1, DE RAIZ, PARTE AÉREA E TOTAL, SUBMETIDOS A DOSES DE HUMATO DENTRO DO ADUBO GRANULADO APLICADO	34
GRÁFICO 3 – MASSA SECA EM G.VASO-1 DE RAIZ, SUBMETIDOS A DOSES DE ADITIVOS RICOS EM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, DENTRO DO ADUBO GRANULADO APLICADO.....	35
GRÁFICO 4 – MASSA SECA EM G.VASO-1 DA PARTE AÉREA, SUBMETIDOS A DOSES DE ADITIVOS RICOS EM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, DENTRO DO ADUBO GRANULADO APLICADO	36
GRÁFICO 5 – ALTURA DA PLANTA EM CENTÍMETRO POR TRATAMENTO DO ENSAIO	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO LODO BRUTO (BASE ÚMIDA).....	25
TABELA 2 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS.....	30
TABELA 3 – ALTURA, PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE RAÍZES, PARTE AÉREA E ALTURA DE PLANTAS NA CULTURA DA SOJA CULTIVADA EM VASO	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 HISTÓRIA DA SOJA	18
2.2 BOTÂNICA DA SOJA.....	19
2.3 BIOFERTILIZANTES.....	20
2.4 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 PREPARAÇÃO DO SOLO, VASOS E FORMULAÇÕES	24
3.1.1 Características do lodo utilizado.....	25
3.1.2 Preparação do lodo aditivo.....	26
3.1.3 Preparação das fórmulas fosfatadas aditivadas.....	28
3.2 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS	28
3.2.1 Semeadura.....	28
3.2.2 Delineamento Experimental	29
3.3 AVALIAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÕES	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a soja é a maior fonte direta de renda na agricultura de produção de grãos no verão, como por exemplo no Rio Grande do Sul, onde já se expande para áreas agrícolas com menor capacidade produtiva. (EMBRAPA, 2019).

Segundo Brum et al. (2005) o próprio conceito de agronegócio no país foi introduzido por meio da soja, principalmente se olhado por ângulos além do financeiro de sua negociação em si, como o viés empresarial, de administração da atividade de cultivo e o que ele exige de estrutura.

Produtores, fornecedores de insumos, transportadores, processadores da matéria-prima e negociantes possuem seus anseios, que necessitam ser atendidos e implicam na melhoria da competitividade desse negócio.

Uma vez explícitas as significativas contribuições do cultivo da soja à sociedade brasileira, tanto no meio rural quanto nas cidades, é natural que haja evolução de toda cadeia para algo que contribua com o conceito prático de sustentabilidade e eficiência, focando seu lado econômico, obviamente, mas abrangendo de forma eficiente os contextos ambiental e social dos sistemas de produção desse grão.

Sendo assim, a fertilização do solo de forma otimizada e a reutilização de materiais que hoje são um problema ambiental, como insumos figura como interesse intrínseco. Em se tratando de fertilização pode-se falar de muitos nutrientes, porém o fósforo (P) é um dos nutrientes mais limitantes da produtividade de biomassa em solos tropicais (CORRÊA et al., 2004), por isso, é necessário que haja um manejo eficiente desse elemento, visando aumento de produtividade.

Bezerra (2014) apresentou experimento onde aplicou-se extrato de turfa (rico em substâncias húmicas) em diversas doses, junto a diferentes fontes de fósforo (P), e as doses de extrato de turfa incrementaram o teor de matéria orgânica e de P disponível no solo, independente do solo ou da fonte de fósforo empregada, demonstrando potencial dessa sinergia.

Do tratamento de água para potabilização, ou mesmo para uso industrial, são produzidos materiais de valor agrônômico ainda desconhecido. Como é o caso do lodo resultante do tratamento da água do Rio Negro, no Amazonas (AM), que possui elevados teores de matéria orgânica podendo ser fonte de substâncias húmicas (SH) com potencial agrícola. Esse potencial se deve, tanto a oportunidade

de redução de impacto ambiental ao reutilizar na agricultura uma substância que seria disposta de forma impactante ao meio ambiente, quanto ao fato de se obter material rico em composto bioativo benéfico devido à capacidade das SH de estimular o desenvolvimento e crescimento de plantas. Estes efeitos benéficos nas plantas foram observados por Busato et al. (2010), que aplicaram SH oriundas de resíduo do processamento industrial da cana de açúcar, verificou efeitos positivos na atividade da H⁺-ATPase e no crescimento de raízes da cana; por Silva et al. (2011), onde os AH (ácidos húmicos) e outras substâncias húmicas alcalino solúveis, isoladas de turfeiras, atuaram como um tipo de auxina exógena promovendo maior capacidade de indução de raízes laterais no estágio inicial de desenvolvimento; e no trabalho de Dobbss et al. (2010), no qual é averiguada essa bioatividade de estimulação radicular em três espécies distintas, e discutido como ela é influenciada pela modificação química das substâncias húmicas utilizadas no estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

Substâncias húmicas (SH) são reconhecidas como compostos que possuem bioatividade no solo e em plantas, e por isso, são utilizadas como aditivos na composição de fertilizantes e corretivos de solo. Existem diversas fontes de substâncias húmicas, visto que é formada por decomposição da matéria orgânica por meio de microrganismos. No entanto, apesar da diversidade de fontes, não é frequente a utilização de SH oriundas de processo de reaproveitamento industrial, apesar de seu potencial de efeito agrônômico, e ganhos ecológico e ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de fertilizantes fosfatados aditivados com lodo oriundo do tratamento de água do Rio Negro/AM, rico em substâncias húmicas, seja em sua forma bruta ou modificado quimicamente, no crescimento inicial da cultura da soja.

1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar influência da adubação fosfatada aditivada com substâncias húmicas, em parâmetros biométricos da soja cultivada em vaso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA DA SOJA

A soja ao longo dos anos passou por muitas modificações sendo muito diferente do que é conhecido hoje. Sua origem por exemplo, remonta da Costa leste da Ásia, mais especificamente na China, e durante os anos seu uso foi aprimorado e para isso foram necessários melhoramentos genéticos e cruzamentos entre espécies selvagens e domesticadas. (EMBRAPA, 2019).

Isso levou muito tempo. Até meados do fim do século XIX por exemplo (aproximadamente 1894), quando houve o fim da guerra entre Japão e China, apenas a China produzia soja, embora as primeiras citações ao grão são bem mais antigas, datando de antes de 2800 A.C. Assim, apesar de conhecida, desenvolvida e consumida pela civilização oriental há milhares de anos, sua introdução na Europa se deu apenas em meados do final do século XV, nos jardins botânicos da França, Inglaterra, e Alemanha, mas ainda apenas como um curioso ornamento (EMBRAPA, 2019).

O interesse comercial mais amplo e globalizado viria cinco séculos depois, por volta da segunda década do século XX, quando indústrias por todo o mundo começam a se interessar por seu interessante teor de óleo e proteína. Porém devido às condições climáticas desfavoráveis, as tentativas de introdução comercial do cultivo na Alemanha, Rússia e Inglaterra fracassaram.

No Brasil o primeiro registro de pesquisa de soja data de 1882, por meio do cultivares oriundas dos Estados Unidos, trazidas pelo professor Gustavo Dutra, que lecionava na Escola de Agronomia da Bahia (DIAS, 2017). Entre 1900 e 1901, o IAC promoveu a primeira distribuição de sementes de soja para produtores paulistas e, nessa mesma data, têm-se registro do primeiro cultivo de soja no Rio Grande do Sul (PIZAIA, 2005).

No final da década de 60, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil, tendo a soja como uma opção de verão, além do que, o Brasil também focava seus esforços na produção de suínos e aves, demandando farelo de soja, assim os dois fatores impulsionaram o país a crescer no cenário mundial de produção do grão, tendo já na década de 70 uma explosão do preço da soja no mercado mundial. O País inicia o processo de investimento em tecnologia, liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2019).

Os investimentos em pesquisa surtiram efeito conduzindo que o grão fosse plantado com sucesso, em regiões de baixas latitudes, a “tropicalização”, o que revolucionou a história mundial da soja, impactando já a partir do final da década de 80 tendo efeito amplificado na década de 90 (EMBRAPA, 2019).

Atualmente, os líderes mundiais na produção mundial de soja são os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai. De acordo com a EMBRAPA (2019), a safra 2017/18 teve uma produção de 119,5 milhões de toneladas nos Estados Unidos e de 116,9 milhões de toneladas no Brasil, o que garante aos Estados Unidos a liderança da produção mundial, porém sempre seguido pelo Brasil e com possibilidade de inversão das colocações nos próximos anos.

2.2 BOTÂNICA DA SOJA

A soja cultivada no Brasil (*Glycine max* (L.) Merrill), para a produção de grãos, é uma planta herbácea, da classe Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, gênero *Glycine* L., espécie *max* (EMBRAPA, 2019), que tem como provável progenitor a espécie *Glycine ussuriensis* (COSTA, 1996).

As principais variedades comerciais apresentam caule híspido, pouco ramificado e raiz com eixo principal e muitas ramificações. Com exceção do primeiro par de folhas simples, no nó acima do nó cotiledonar, possuem folhas trifolioladas e flores de fecundação autógama, de cor branca, roxa ou intermediária, típicas da subfamília Papilionoideae. Suas vagens (legumes) à medida que amadurecem, evoluem da cor verde para amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza, podendo conter de uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas, de tegumento amarelo pálido, com hilo preto, marrom, ou amarelo-palha. (EMBRAPA, 2019).

Segundo Fiorese (2013), da emergência da plântula até a maturação das vagens, chamado de ciclo cultivar da soja, há uma variação de aproximadamente 70 a pouco mais de 200 dias, dependendo do local e da época da semeadura. A maioria das cultivares adaptadas às condições do Brasil apresenta um ciclo em torno de 90 a 150 dias. A estatura das plantas varia com o ambiente e variedade (cultivar). O tamanho ideal varia entre 60 a 110 cm, o que, facilita a colheita mecanizada e evita o acamamento. As cultivares brasileiras de soja são classificadas em grupos de maturação (GM), com base no seu ciclo. Essa classificação varia conforme a região, por exemplo, para Minas Gerais, os GM são: semiprecoce (101 a 110 dias); médio (111 a 125 dias); semitardio (125-145 dias); tardio (>145 dias) e, no Paraná, são: precoce (até 115 dias); semiprecoce (116-125 dias); médio (126-137 dias) e semitardio (138-145 dias) (EMBRAPA, 2008).

2.3 BIOFERTILIZANTES

A legislação brasileira classifica os insumos agrícolas em dois conjuntos de legislações, com base em suas finalidades de uso. Um deles é o grupo formado pelos compostos que possuem efeitos hormonais de estímulo ou inibição de crescimento e ao controle de pragas e doenças, chamados de agrotóxicos e afins.

O outro grupo é composto por produtos com ação diretamente ligada a nutrição e melhorias de solo, regido pela lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, além de seu decreto, nº 4.954, de 14/01/2004, com alterações do Decreto nº 8.384 de 2014, e as instruções normativas que os complementam tecnicamente.

Segundo Decreto Nº.4.954 de 2004:

VI. Biofertilizante: produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante. (BRASIL, 2004, Capítulo 1, Art.2º, 4º Inciso).

Moraes (2015), cita algumas características técnicas dos biofertilizantes, seja do ponto de vista da indústria agrícola, como a agregação de alto conhecimento

técnico em nutrição e fisiologia de cultivos, implicando em uma otimização do potencial genético, maior proteção e maximização da eficiência produtiva dos cultivos, como também do ponto de vista da ação do produto em si, pois, os compostos que figuram neste grupo influenciam positivamente na melhoria da capacidade nutricional do sistema solo-planta, por meio de nutrição direta (nutrientes contidos no produto), disponibilização daqueles retidos no solo, ou de forma indireta, auxiliando na promoção do crescimento radicular, o que promove melhoria da nutrição e da absorção de água, ou mesmo nas propriedades biológicas de solo e planta.

Há dois pontos importantes à frisar sobre a classe dos biofertilizantes, o primeiro, é de que a mesma possui citação e definições em várias normativas, deixando claro que é diferente da classe conhecida mundialmente como bioestimulante, que comporta estimulantes naturais, ou seja, aqueles obtidos através de processos biológicos, de forma natural. Esses produtos, por definição legal, são integrantes dos agroquímicos de baixo impacto, chamados de produtos de controle biológico. O outro ponto a destacar é que os biofertilizantes não englobam também o uso direto de microrganismos, e sim de seus metabólitos.

Considerando as definições e restrições de escopo apresentadas pela legislação de insumos para agricultura, existem muitas substâncias que podem ser classificadas como biofertilizantes. Atualmente tramitam propostas de órgãos representantes de classe, como a ABISOLO (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal) que agrupam produtos de mesma origem e que possuem compostos cujas atividades biológicas são similares. É possível citar como os 4 principais grupos: substâncias húmicas, extratos de algas, extratos vegetais, proteínas hidrolisadas, e L-aminoácidos, convergindo estes quanto à atuação e alguns benefícios trazidos para as plantas, como osmólitos, efeitos metabólicos (anti-oxidantes), efeitos semelhantes aos de hormônios, efeitos fisiológicos na eficiência de nutrição, efeitos fisiológicos nas respostas a estresses bióticos e abióticos, de acordo com a matéria prima utilizada ou sua combinação.

Substâncias húmicas, pela natureza de seus efeitos em plantas, figuram dentre estes materiais, no entanto, atualmente não há nenhum produto a base de substâncias húmicas registrado como biofertilizante, uma vez que há entraves regulatórios relacionados a custos e tempo para se obter o registro desse material com essa classificação, além do que, essas substâncias já podem ser utilizadas

legalmente sem restrições, como aditivos em formulações de fertilizante. Uma vez que substâncias húmicas possuem alta carga de matéria orgânica, sua estrutura é estável possuindo propriedades complexantes/quelantes, o que auxilia na manutenção da estabilidade de fertilizantes foliares líquidos, por exemplo, podendo portanto, ser utilizados como aditivo quelante/complexante ou mesmo estabilizante/conservante, segundo função e classe de aditivos descritas na instrução normativa (IN) nº 39 de 2018 (fertilizante mineral) ou na IN nº 25 de 2009 (fertilizante orgânico ou organomineral).

2.4 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Conforme explicitado por Castillo et al. (2017), a matéria orgânica presente nos solos e sedimentos consiste de uma mistura de produtos em vários estágios de decomposição, resultantes da degradação química e biológica de resíduos vegetais, animais e da atividade sintética de microrganismos. Esse material orgânico é conhecido como húmus, sendo composto por substâncias húmicas (SH), de natureza complexa e heterogênea, e por substâncias não húmicas, de natureza definida, como por exemplo: aminoácidos, carboidratos, proteínas e ácidos orgânicos.

As SH desempenham um importante papel no ambiente, como por exemplo: contribuir para a retenção de calor, devido à sua coloração escura nos solos e sedimentos, fato que estimula a germinação de sementes e o desenvolvimento de raízes; atuar contra a erosão, evitando o escoamento, pois, por apresentar agregados oriundos da combinação com argilas, possuem alta capacidade de retenção de água. Além disto, as SH são consideradas fonte de energia para os organismos benéficos do solo, como algas, fungos, bactérias e pequenos animais (CASTILLO et al., 2017).

Canellas e Olivares (2015) cita que o grupo denominado substâncias húmicas compreende mais de 60% da matéria orgânica do solo, figurando como principal componente dos fertilizantes orgânicos, assim contendo quantidades significativas de nutrientes. Porém, em razão de sua lenta taxa de mineralização no solo não são consideradas apropriadas como fonte direta de nutrientes. Logo as melhorias em crescimento vegetal proporcionadas pelas SH aparentam não serem originárias, ou não possuírem relação direta, com seu conteúdo nutricional, sendo

portanto, oriundas de interações indiretas das SH com transportadores de membrana vegetal, responsáveis pela absorção de nutrientes, e também por meio de mecanismos de cascatas de transdução de sinal, também associados à membrana, interferindo então na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal.

Isso explica o porquê de ser possível observar em diversos trabalhos na literatura que a maioria dos efeitos benéficos relatados como de origem de SH no crescimento das plantas estejam ligados à sua influência positiva em modificações na arquitetura das raízes.

Há muito tempo já existem citações a propriedades de substâncias húmicas, como no trabalho de Bottomley (1917), onde são explanadas as propriedades dos ácidos húmicos (AH), componentes das substâncias húmicas, em estimular o crescimento vegetal quando usados em concentrações relativamente pequenas. Mesmo assim, inúmeros mecanismos de ação vêm sendo propostos para explicar como as SH induzem ao crescimento radicular. Os mais tradicionais se referem à formação de complexos solúveis com metais, especialmente com os cátions que também são micronutrientes e encontrados em pequena concentração na solução do solo, além da outra vertente de que a ação surfactante das SH poderia levar ao aumento da permeabilidade das membranas biológicas e assim ao aumento da absorção de íons, proposição um pouco controversa.

A química da solução do solo e biologia dos arredores das plantas são influenciadas diretamente pela vegetação. Mudanças no pH do solo são um exemplo dessa influência. Há impacto no pH oriundo das atividades de exsudação e troca de íons pelas raízes finas, dado principalmente pelo íon H^+ (através da H^+ -ATPase) e pela liberação de ácidos orgânicos (por exemplo, citrato, oxalato).

O estudo de Morsomme e Boutry (2000) é focado na estrutura, função e regulação da H^+ -ATPase da membrana plasmática vegetal, sendo citada a importância dessa bomba de prótons, que funciona como geradora de força motriz do transporte protônico através da membrana plasmática (MP), o que ativa o transporte simplástico de íons e metabólitos.

A H^+ -ATPase é diretamente responsável pela hidrólise do ATP no citoplasma, influenciando a produção do íon H^+ , que ao ser expelido na região apoplástica reduz o pH desse meio, criando uma diferença entre os pHs intra e extracelular. Essa redução de pH influencia na ativação de compostos sensíveis a mudanças de pH,

como algumas enzimas e proteínas associadas à parede celular o que implica no início de um processo de crescimento da extensão da mesma (expansão), além do que, o gradiente de potencial eletroquímico entre interior e exterior da célula impulsiona a ativação de transportadores secundários de íons, que levam os mesmos de fora da MP para dentro da célula, o que influencia de forma significativa a absorção de nutrientes e resistência a estresse salino (MORSOMME; BOULTRY, 2000).

Ainda no estudo de Morsomme e Boutry (2000), é citada a relação entre o mecanismo acima descrito, conhecido como teoria do crescimento ácido, e como pode haver associação dele com a auxina, hormônio que ativa a H⁺-ATPase, algo corroborado por Olaetxea et al. (2018), que cita a existência atual de numerosos estudos demonstrando que as SH obtidas de composto e sedimentos orgânicos são potenciais indutores da proliferação de raízes laterais, provavelmente ativando as vias de sinalização reguladas pelo efeito auxínico e do óxido nítrico nas raízes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PREPARAÇÃO DO SOLO, VASOS E FORMULAÇÕES

O trabalho foi conduzido no ano agrícola de 2016/2017, com a cultura da soja (*Glycine max. L.*), em condições de vasos em casa de vegetação, na CCGL TECNOLOGIA, situada na RS 342, km 149, município de Cruz Alta, RS.

O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade, oriundo de área que vem sendo utilizada no sistema de produção, representativa da região de Cruz Alta, RS, que apresenta situação de baixa à média fertilidade. O mesmo foi seco ao ar, peneirado em malha de 4 mm, em seguida, foram retiradas sub-amostras para caracterização de seus atributos físicos e químicos.

O solo utilizado é classificado como Latossolo vermelho distrófico típico com textura franco-argilosa (EMBRAPA, 2013) e suas características químicas iniciais são: argila: 30%, pH H₂O: 5,5, índice SMP: 6,2, matéria orgânica: 1,9%, fósforo: 11,8 mg dm⁻³, potássio: 76 mg.dm⁻³, alumínio: 0,0 cmolc.dm⁻³, cálcio: 4,4 cmolc.dm⁻³, magnésio: 2,1 cmolc.dm⁻³, enxofre: 11,2 mg.dm⁻³, zinco: 3,8 mg.dm⁻³, cobre: 3,3 mg.dm⁻³, manganês: 27 mg. dm⁻³ e boro: 0,4 mg. dm⁻³. Foram utilizados vasos preenchidos com 5 litros de solo destorroado.

3.1.1 Características do lodo utilizado

Foram separadas amostras de lodo do tratamento da água do Rio Negro, em Manaus/AM, para que passassem por diferentes tratamentos químicos ou físicos em laboratório, visando entender qual a influência desses processos em sua possível bioatividade quando em sinergia com a formulação sólida fosfatada utilizada no ensaio descrito no presente trabalho.

O material é um lodo composto de aproximadamente 93% de umidade (Figura 1). Uma sub-amostra do material foi caracterizada quimicamente em termos de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes (N, P, K, Mg, Ca, S, B, Zn, Cu, Mn, Co, Se), carbono orgânico total, e pH. Foi possível observar que os valores de nutrientes do material são negligenciáveis (Tabela 1), visto os teores muito baixos presentes (o nutriente em maior presença é o N, com teor total de 0,37%). Porém, em termos de substâncias orgânicas, o material possui teores interessantes (em base seca, 23% de carbono orgânico e 5% de carbono oriundo de substâncias húmicas).

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO LODO BRUTO (BASE ÚMIDA).

Elemento	Resultado	Unidade
N	3,7	g/Kg
P ₂ O ₅	0	g/Kg
K ₂ O	0	g/Kg
MgO	0,2	g/Kg
CaO	0,5	g/Kg
SO ₃	1,2	g/Kg
B	2	mg/kg
Zn	9,8	mg/kg
Cu	5,3	mg/kg
Mn	37,6	mg/kg
Co	1,6	mg/kg
Mo	0	mg/kg
Se	0	mg/kg
C. orgânico	9,1	%
C. de SH	0,45	%
pH	5,5	

FONTE: O autor (2017).

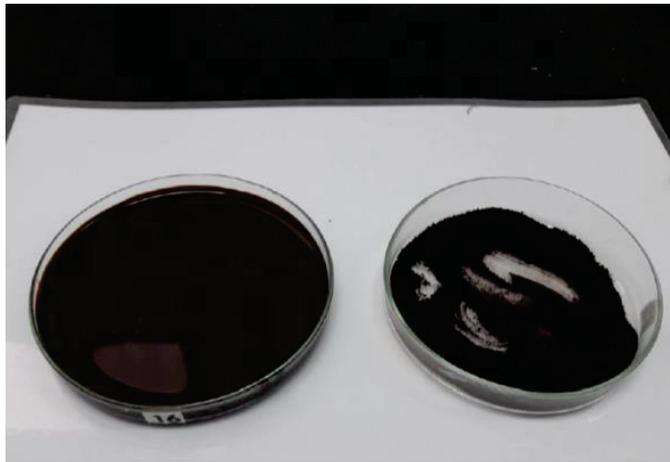
As determinações foram realizadas segundo métodos descritos no manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos, publicado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014).

O lodo foi adicionado ao ensaio como componente da fórmula fosfatada para adubação de base, e para isso foi manipulado química (hidrólise alcalina) e/ou fisicamente (secagem) para simular possível processos de melhoramento de bioatividade.

3.1.2 Preparação do lodo aditivo

Visando preparar as amostras a serem utilizadas durante a granulação da fórmula fosfatada, para composição dos tratamentos, uma amostra do lodo bruto foi seca em estufa a 60° C durante 24 horas, apresentando após o procedimento, aspecto muito semelhante ao humato de sódio em pó (substância húmica oriunda da hidrólise alcalina da leonardita ou de turfa).

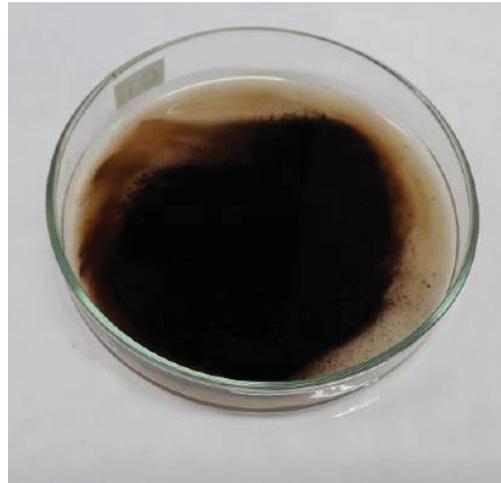
FIGURA 1 – LODO IN NATURA, LÍQUIDO (ESQUERDA) E LODO APÓS SECAGEM (DIREITA)



FONTE: O autor (2016).

Devido à grande quantidade de substâncias húmicas (compostos orgânicos hidrofóbicos das mais variadas composições), o material apresenta baixa solubilidade em água (Figura 2), o que pôde ser facilmente visualizado quando se procurou redissolver uma parte do pó oriundo da secagem do lodo *in natura*, em água (proporção de 50% em massa).

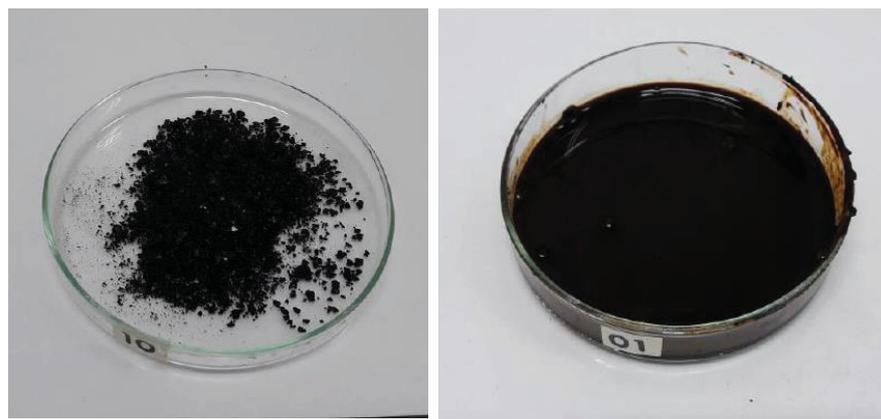
FIGURA 2 – LODO APÓS SECAGEM, ADICIONADO A ÁGUA



FONTE: O autor (2016).

Visando uma maior dissolução de compostos insolúveis no pH natural do material, uma alíquota de 0,5L foi adicionada em béquer de polipropileno de 1L de volume, junto a 0,5L de uma solução de KOH à 20% (m/m), durante 30 minutos sob agitação. Uma característica importante observada é que o lodo, após sofrer o tratamento alcalino acima descrito, pode ser novamente seco por completo (em estufa a 60° C durante 24 horas) e se mantém solúvel em água (Figura 3).

FIGURA 3 – LODO TRATADO COM SOLUÇÃO ALCALINA, SECO (E) E APÓS RESSOLUBILIZADO EM ÁGUA (D)



FONTE: O autor (2016).

As formas do lodo, descritas anteriormente compuseram a formulação sólida aplicada nos tratamentos. As formas de lodo foram pesadas nas proporções dos tratamentos (7, 14 e 21 Kg/ton), considerando preparar 2 kg de formulação, ou seja,

foram usados 14, 28 e 42 g de cada aditivo para 2 kg de produto granulado. Não foram preparados tratamentos com aditivo líquido a base de lodo na dose de 21 Kg/ton, pois, industrialmente seria uma condição muito complexa de reproduzir, além de afetar negativamente a qualidade e estabilidade dos grãos.

3.1.3 Preparação das fórmulas fosfatadas aditivadas

Após pesadas, as matérias primas SSP (superfosfato simples), MAP (fosfato monoamônico) e aditivos (humato e lodos) das formulações de garantias NPK 03-28-00 (% massa/massa), foram adicionados ao granulador do tipo prato de laboratório com rotação no sentido anti-horário (Figura 4). Apenas água destilada foi utilizada para favorecer a granulação do material

FIGURA 4 – GRANULAÇÃO EM BANCADA COM GRANULADOR DE PRATO.



FONTE: O autor (2016).

Cada tratamento foi granulado com seu respectivo aditivo em sua quantidade específica, ou seja, a formulação com 7kg humato/ton, foi granulada, e após limpeza do prato granulador a formulação com 14kg humato/ton, seguindo assim para os outros tratamentos. Logo foram necessárias 13 granulações (uma para os tratamentos do T1 ao T4, e uma para cada tratamento a partir do T5) para se obter o material para plantio da soja nos vasos de teste.

3.2 METOLOGIA E PROCEDIMENTOS

3.2.1 Semeadura

A sementeira da cultura da soja, cultivar Nidera NS 5959 IPRO, foi realizada no dia 17 de janeiro de 2017, utilizando-se a densidade de 10 sementes por vaso, cobrindo as sementes com 2 cm de solo peneirado. Os vasos receberam adubação com potássio na forma de KCl, na dose de 5 gramas do produto comercial por vaso, e foi efetuada correção do solo para elevar os valores de pH em água a aproximadamente 6,0. O conjunto de vasos foi disposto sobre o solo, lado a lado, mudando-os de posição semanalmente, de forma aleatória, objetivando-se evitar que alguma possível diferença do ambiente pudesse interferir no desenvolvimento das plantas (Figura 5). A partir da sementeira a umidade do solo foi mantida na capacidade de campo, irrigando-se sempre que necessário. Aos 8 dias após a emergência, foi realizado o desbaste manual, deixando 3 plantas por vaso.

Os demais tratos culturais da cultura da soja foram realizados segundo as Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2014/2015 e 2015/2016 (REUNIÃO, 2014).

FIGURA 5 – DISPOSIÇÃO DOS VASOS DO EXPERIMENTO



FONTE: O autor (2017).

3.2.2 Delineamento Experimental

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com dezessete tratamentos e seis repetições.

Na Tabela 2 são descritos os tratamentos utilizados no ensaio, através dos quais se objetivou entender a influência de doses crescentes de fósforo, além do efeito da adição de aditivos, sobre características biométricas da soja. Todos os tratamentos

foram constituídos de formulação granulada a base de nitrogênio e fósforo (garantias NPK: 03-28-00), variando sua quantidade (dose) ou sua composição (tipo e quantidade de aditivo dentro da formulação). Sendo assim, utilizou-se de testemunha absoluta (T1) sem adição alguma, tratamentos onde se variou apenas a dose de P_2O_5 em 300, 600 e 900 mg/vaso (T2, T3, T4), um tratamento variando a quantidade de uma das fontes comerciais de substâncias húmicas mais usuais, o humato de sódio comercial, na composição do produto a ser aplicado (T5, T6 e T7), além dos tratamentos voltados a entender influência das doses (7, 14 ou 21 $kg.ton^{-1}$ de formulação fosfatada) de variações do lodo do tratamento de água do Rio Negro (T8 ao T17), sendo que estes diferem na maneira do preparo químico (ataque alcalino) ou físico (bruto, seco, líquido, ressolubilizado, etc) do lodo. Foi considerada a dose de 600 mg/vaso como base para a quantidade a aplicar, da formulação 03-28-00 nos tratamentos de T5 ao T17.

TABELA 2 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS.

TRATAMENTO	ADITIVO	DOSE PRODUTO (Kg ou L . t^{-1} adubo)	DOSE P_2O_5 (mg .VASO $^{-1}$)
1	Sem	0	0
2	Sem	0	300
3	Sem	0	600
4	Sem	0	900
5	Humato de sódio	7	600
6	Humato de sódio	14	600
7	Humato de sódio	21	600
8	Lodo in natura líquido	7	600
9	Lodo in natura líquido	14	600
10	Lodo in natura líquido	21	600
11	Lodo in natura seco	7	600
12	Lodo in natura seco	14	600
13	Lodo in natura seco	21	600
14	Lodo Ressel. Líquido*	7	600
15	Lodo Ressel. Líquido*	14	600
16	Lodo solubilizado**	7	600
17	Lodo solubilizado**	14	600

FONTE: O autor (2016).

* Lodo Ressol. líquido = formulação fosfatada de garantias NPK 03-28-00 (% m/m), granulada junto do lodo líquido, após ser tratado com solução alcalina, seco em estufa a 60°C por 24 horas, e reinserido em água (proporção de 50% em massa).

** Lodo solubilizado = formulação fosfatada de garantias NPK 03-28-00 (% m/m) granulada junto de solução do lodo líquido, após ser tratado com solução alcalina.

3.3 AVALIAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Aos 40 dias após a emergência das plantas, foram determinadas as variáveis altura das plantas e massa seca da parte aérea e raízes.

A altura foi determinada com régua medindo do nível do solo ao ápice da planta expressando-se os resultados em centímetros. Na determinação da matéria seca foi realizada a separação da parte aérea e raízes, através do corte das plantas com uma tesoura na região do colo (rente ao solo). A separação e a lavagem das raízes do solo foram realizadas sob uma peneira com o auxílio de um jato de água de baixa intensidade evitando a perda de raízes. As raízes e a parte aérea foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa a 55 °C até atingirem peso constante. Após a secagem foi realizada a pesagem para a determinação da matéria seca, expressando-se os resultados em gramas por vaso (g/vaso).

Os resultados foram submetidos à análise da variância e quando os valores de F (Tratamento) apresentaram significância ao nível de 5 % de probabilidade, foi submetido ao Teste de Duncan ($p < 0,05$), usando o pacote estatístico Assisat Versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produção de massa seca de raízes, parte aérea e total de plantas aos 40 dias após a emergência das plântulas da soja permitiram observar primeiramente que a adubação apenas com a formulação fosfatada, sem aditivos, foi efetiva em proporcionar aumento na massa seca de raiz e da parte aérea das plantas, em relação ao controle, em todas as doses testadas (Tabela 3), sendo as doses de 600 e 900 mg P_2O_5 /vaso superiores a dose de 300 mg P_2O_5 /vaso.

TABELA 3 – ALTURA E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE RAÍZES E DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADA EM VASO, EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TRATAMENTOS COM DOSES DE FÓSFORO E ADITIVOS ORGÂNICOS.

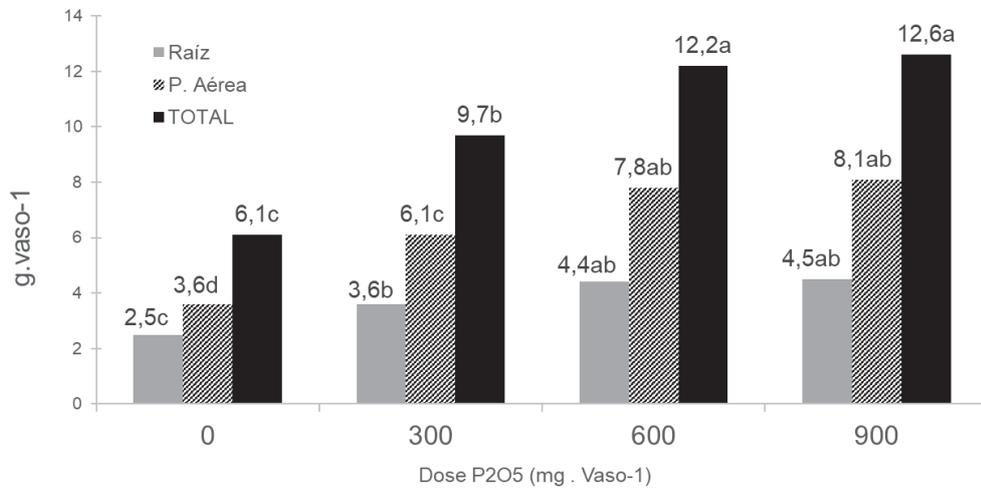
TRATAMENTOS	ADITIVO		DOSE P ₂ O ₅ mg . Vaso ⁻¹	Altura cm	Raíz g vaso ⁻¹	P. Aérea g vaso ⁻¹	TOTAL g vaso ⁻¹
	Denominação	Kg/ton					
T1	Sem	0	Sem	28,4 c	2,5 c	3,6 d	6,1 c
T2	Sem	0	300	33,7 ab	3,6 b	6,1 c	9,7 b
T3	Sem	0	600	34,3 ab	4,4 ab	7,8 ab	12,2 a
T4	Sem	0	900	33,2 b	4,5 ab	8,1 ab	12,6 a
T5	Humato de sódio	7	600	33,9 ab	4,8 a	8,3 ab	13,1 ab
T6	Humato de sódio	14	600	34,1 ab	5,1 a	8,7 ab	13,7 a
T7	Humato de sódio	21	600	34,3 ab	4,9 a	9,0 a	13,9 a
T8	Lodo in natura líquido	7	600	34,5 ab	4,5 a	8,2 ab	12,7 a
	Lodo in natura líquido						
T9	Lodo in natura líquido	14	600	34,9 ab	4,8 a	8,2 ab	13,0 a
	Lodo in natura líquido						
T10	Lodo in natura líquido	21	600	36,7 ab	4,7 a	8,8 a	13,6 a
T11	Lodo in natura seco	7	600	33,9 ab	4,6 a	7,3 bc	11,9 a
T12	Lodo in natura seco	14	600	34,3 ab	4,7 a	8,9 a	13,6 a
T13	Lodo in natura seco	21	600	36,1 ab	5,0 a	9,0 a	14,0 a
T14	Lodo Ressel. líquido	7	600	36,8 ab	5,0 a	8,5 ab	13,6 a
T15	Lodo Ressel. líquido	14	600	36,7 ab	5,1 a	8,9 a	14,0 a
T16	Lodo solubilizado	7	600	37,3 a	4,8 a	8,5 ab	13,3 a
T17	Lodo solubilizado	14	600	36,0 ab	5,0 a	8,5 ab	13,6 a
F tratamento				3,65 *	4,59 *	9,72 *	8,87 *
Coeficiente Variação				7,6	16,22	13,1	12,86

* significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

FONTE: O autor (2017). – Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (P<0,05).

Assim, considerando que foi usado menos fertilizante em relação a dose de 900 mg P₂O₅. vaso⁻¹ (Gráfico 1) e obtido o mesmo resultado estatístico, a dose de desempenho mais eficiente em relação a esses dois parâmetros, foi a de 600 mg P₂O₅. vaso⁻¹.

GRÁFICO 1 – MASSA SECA DE RAÍZ, DA PARTE AÉREA E TOTAL DE PLANTAS DE SOJA, SUBMETIDAS A DOSES DE FÓSFORO.



FONTE: O autor (2017). – Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (P<0,05).

Segundo Aguiar (2011), SH induzem ao crescimento radicular e diversos mecanismos de ação têm sido propostos para explicar como. Desde a formação de complexos solúveis com metais, em especial com os cátions na solução do solo, ao aumento da absorção de íons por consequência do aumento da permeabilidade das membranas biológicas, até ações do tipo hormonal, são alguns exemplos da ação das substâncias húmicas provocando efeitos positivos sobre o desenvolvimento vegetal. Visando comprovação desses benefícios, neste trabalho foi utilizada fonte comercial de substâncias húmicas, o humato de sódio.

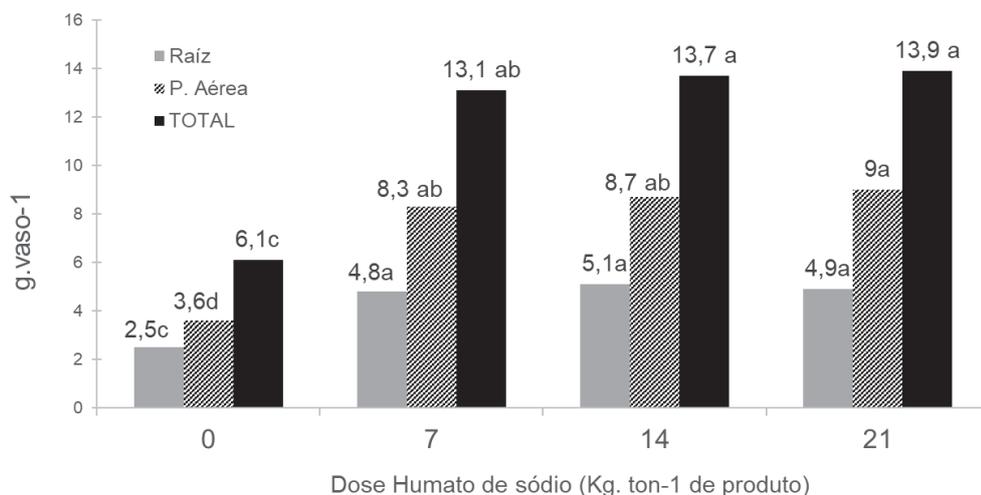
O humato de sódio é uma fonte rica em ácidos húmicos, altamente complexos do ponto de vista químico, composto por polímeros aromáticos e alifáticos de elevado peso molecular, e que possuem grande capacidade de troca catiônica, solubilidade em meio alcalino e que precipita em forma de material escuro e amorfo quando em meio ácido (FILHO et al., 2017).

Considerando a influência da aplicação de fórmulas fosfatadas aditivadas com humato de sódio nas doses de 7 Kg ton.adubo⁻¹ (T5), 14 Kg ton.adubo⁻¹ (T6) e 21 Kg ton.adubo⁻¹ (T7), no parâmetro de biomassa radicular, houve aumento médio de 89%, porém apenas em relação à testemunha sem adubação fosfatada (gráfico 2). Uma vez que todos os aditivos foram aplicados junto com a formulação fosfatada na dose de 600 mg de P₂O₅.vaso⁻¹, e que obtiveram resultado estatisticamente igual ao tratamento T3 (600 mg de P₂O₅.vaso⁻¹, sem aditivo). Pode-se observar que a

resposta positiva em relação aos resultados da testemunha, foi ação nutricional da adubação em si, não havendo evidência estatística de implicação efetiva do material aditivo (humato de sódio), nem tão pouco à variação de sua dose dentro da composição do adubo.

Em termos de massa seca da parte aérea, o comportamento dos resultados foi muito similar. Apesar de todos os tratamentos, a partir de T3, apresentarem valores muito superiores a T1 (aumento médio de cerca de 131%), os valores não diferiram estatisticamente, implicando na aceitação da ideia de que o efeito positivo na massa seca da parte aérea também foi nutricional, oriundo da adubação fosfatada.

GRÁFICO 2 – MASSA SECA, DE RAIZ, PARTE AÉREA E TOTAL DE SOJA, SUBMETIDOS A DOSES DE HUMATO DENTRO DO ADUBO GRANULADO APLICADO.



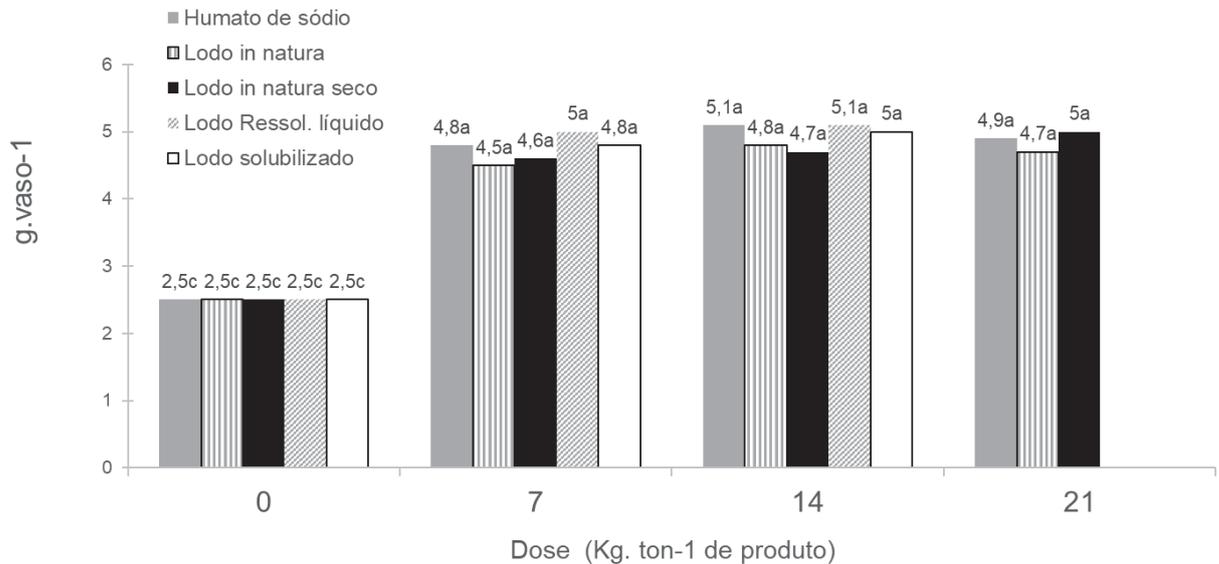
FONTE: O autor (2017). – Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Duncan ($P < 0,05$).

O humato de sódio utilizado teve como função também, servir de base comparativa para ação das formas de lodo do tratamento de água do Rio Negro, ricas em substâncias húmicas. A intenção seria de fazer um comparativo quantitativo do incremento causado pelas formas de lodo testadas com o humato de sódio comercial.

Os resultados em massa seca de raiz apresentados pelas plantas tratadas com as formas de lodo (T8 a T17), foram estatisticamente superiores ao tratamento

testemunha (T1), porém não foram superiores aos do humato de sódio, e nem diferiram entre si, independente da dose utilizada (Gráfico 3).

GRÁFICO 3 – MASSA SECA DE RAIZ DE SOJA, SUBMETIDA A DOSES DE ADITIVOS RICOS EM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, DENTRO DO ADUBO GRANULADO APLICADO.

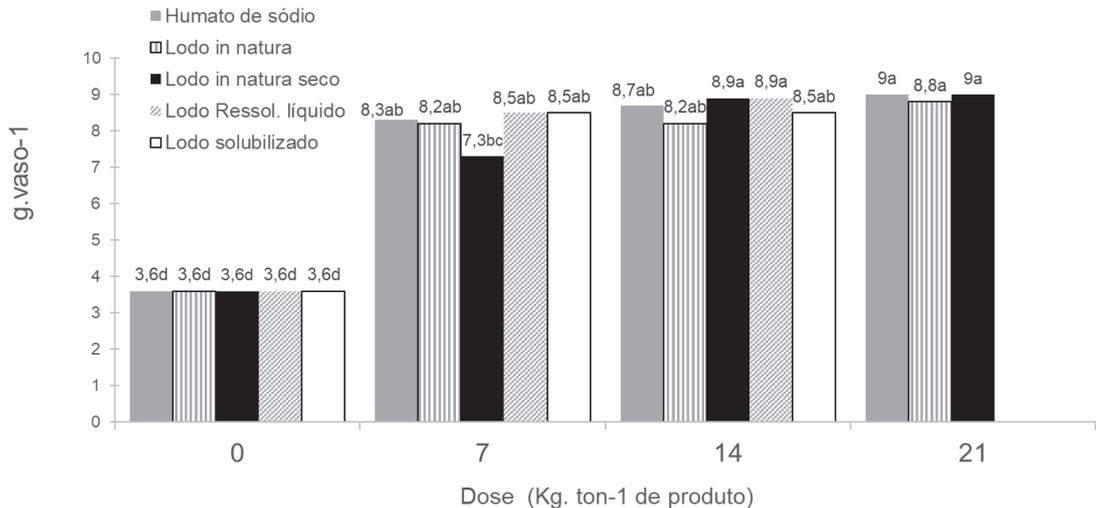


FONTE: O autor (2017). – Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Duncan ($P < 0,05$).

Outro ponto a observar é que, os resultados de massa seca de raiz dos tratamentos com lodo, independente de forma e quantidade na fórmula granulada fosfatada, não diferiram estatisticamente do tratamento T3 (600 mg de $P_2O_5 \cdot vaso^{-1}$, sem aditivo), apresentando a mesma tendência a concluir que não há evidências estatísticas de que os aditivos tiveram efeito agrônômico no crescimento de raiz, e sim o fósforo adicionado, uma vez que todos os tratamentos foram aplicados ao solo por meio de formulação fosfatada na mesma dose de T3 (Tabela 3).

Os resultados de massa seca da parte aérea se comportaram de maneira muito similar aos de massa de raiz, com exceção de T11 (7 Kg ton.adubo⁻¹ do lodo in natura seco), que se mostrou inferior aos demais, porém ainda assim, maior que o da testemunha (Gráfico 4). Assim como os resultados de massa seca de raiz os tratamentos com lodo, independente de forma e quantidade na fórmula granulada fosfatada, não diferiram de T3, sendo possível também concluir que os aditivos não tiveram efeito agrônômico no crescimento de parte aérea, sendo o efeito benéfico averiguado, causado pelo fósforo aplicado.

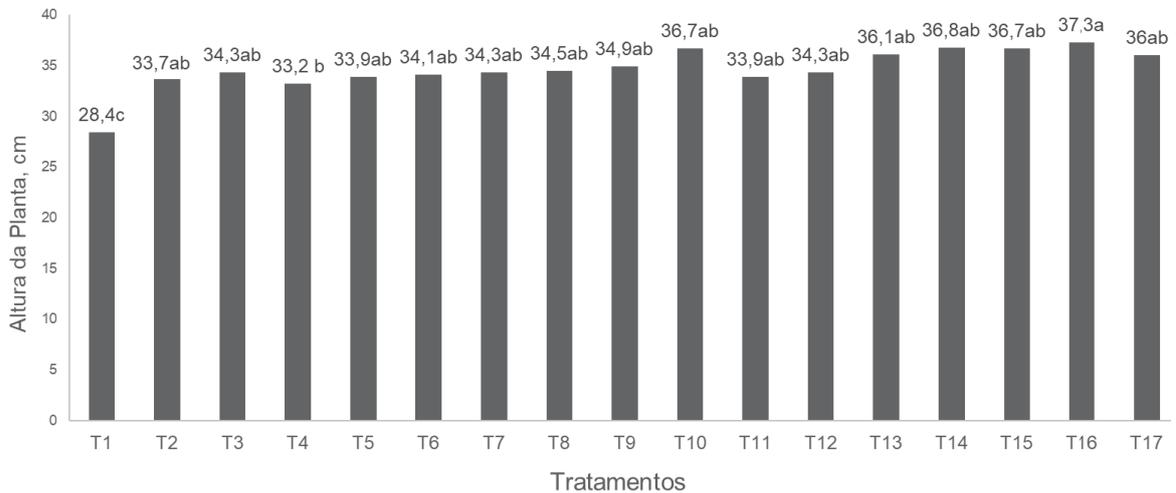
GRÁFICO 4 – MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE SOJA SUBMETIDA A DOSES DE ADITIVOS RICOS EM SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, DENTRO DO ADUBO GRANULADO APLICADO.



FONTE: O autor (2017). – Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Duncan ($P < 0,05$).

Quanto à variável altura das plantas, os resultados também demonstraram impacto positivo quando da adição das formulações fosfatadas, seja com ou sem aditivos e em qualquer dose, quando comparado ao resultado da testemunha (Gráfico 5). Assim como para massa seca de raiz e parte aérea, a dose e quantidade de aditivos não influenciou o resultado, possibilitando afirmar que a adubação fosfatada foi quem proporcionou o aumento médio de 23% na altura das plantas. O único comportamento ligeiramente diferente dos resultados das demais variáveis, quando em se tratando de doses de fósforo sem aditivo, foi encontrado no tratamento T4 (900 mg de P_2O_5 .vaso⁻¹, sem aditivo), que embora igual estatisticamente a T3 e T2, mostra uma tendência de queda de incremento na altura com o aumento da dose de fósforo.

GRÁFICO 5 – ALTURA DA PLANTA DE SOJA POR TRATAMENTO DO ENSAIO.



FONTE: O autor (2017). – Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste Duncan ($P < 0,05$).

Os resultados em altura da planta corroboram com os encontrados por Benetti (2018), onde diferentes doses de SH aplicadas via foliar não influenciaram significativamente na altura de plantas de tomate, e contrários aos resultados do trabalho de Bezerra (2014), onde se pôde observar que a aplicação de turfa (fonte de substâncias húmicas) via solo, proporcionou maiores respostas na variável altura da planta, em todas as doses de fósforo e solos testados, interação positiva entre fósforo e substâncias húmicas, não observada no presente trabalho.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou o impacto agrônomo da associação entre formulação granulada fosfatada e resíduo (lodo) do tratamento de água do Rio Negro, no estado do Amazonas, quando aplicado em soja, a principal cultura agrícola do Brasil. O material foi introduzido no fertilizante em quatro formas diferentes, e independentemente da forma utilizada e dose, não houve evidência estatística de impacto positivo no crescimento de raiz, parte aérea e altura da planta.

No entanto, quando avaliados os resultados obtidos foi possível inferir o impacto positivo da adubação fosfatada sobre variáveis de crescimento da soja em vaso. Ou seja, no presente trabalho houve comprovado efeito da adubação fosfatada no crescimento da soja, porém a adição de substâncias húmicas não proporcionou o mesmo efeito.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O material avaliado é um dentre vários lodos oriundos das inúmeras estações de tratamento de água espalhadas pelo Brasil. Reaproveitar resíduos é uma necessidade iminente, portanto, mais estudos de caracterização e utilização de materiais como subprodutos e resíduos na agricultura devem ser realizados.

Em se tratando do lodo avaliado neste trabalho, há inúmeras propriedades desconhecidas que devem ser elucidadas por meio de pesquisa, como o modo de ação do material. Considerando o próprio trabalho, poderiam se considerar um novo intervalo de doses, sejam elas menores que 7 Kg ton.adubo⁻¹ ou maiores que 21 Kg ton.adubo⁻¹, visando avaliar se o efeito benéfico estaria compreendido em faixas fora do intervalo estudado.

Além do que, o material pode ser estudado em termos agronômicos em muitas outras culturas e considerando outros parâmetros, como condicionamento de solo e remediação daqueles contaminados por metais ou outras substâncias poluentes.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, N. de O. Características químicas e bioatividade de ácidos húmicos isolados de vermicompostos em diferentes estádios de maturação. 98 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.

BENETTI, R.; BENETT, K. S. S.; ARRUDA, N.; BENETT, C. G. S.; SELEGUINI, A. Densidade de plantio e substâncias húmicas no cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L). **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 1, p. 75-81. Jan./mar. 2018.

BEZERRA, P.S.S. **Substâncias húmicas e fontes de fósforo**: teor de fósforo disponível em solos e absorção pela cana-de-açúcar. 2014. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, 2014.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K.: A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. **Anais ... XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto**. São Paulo, 2005.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. 220 p. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. 2014.

BOTTOMLEY, W.B.. Some effects of organic growth-promotion substances (auximones) on the growth of *Lemna minor* in mineral cultural solutions. **Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences**, Londres, v. 89, p. 481-505, 1917.

BRASIL, Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Diário Oficial da União: Aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 2004.

BUSATO, J. G.; ZANDONADI, D. B., DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P. Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 206-212, 2010.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F. L.; Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, **Scientia Horticulturae**, n. 196, p. 15-27, out. 2015.

CASTILLO, G. J. M.; MONTEIRO, E. C.; AMARAL, M. B.; GARCIA, A. C.; BERBARA, R. L. L. Bioatividade do lodo de tratamento de água do rio negro em plantas de arroz. 1970-2000. Anais ... XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba – São José dos Campos, SP, 2017.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, dez. 2004.

COSTA, J.A. **Cultura da Soja**. Porto Alegre. Evangraf. 1996. 233p.

DIAS, P. F. **Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônomo da soja**. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2017.

DOBBS, L.B.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; PERES, L.E.P.; AZEVEDO, M.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; FAÇANHA, A.R. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 58, p. 3681-3688, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. 3. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Artigo - A soja no sistema de cultivo. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8901995/artigo---a-soja-no-sistema-de-cultivo>>. Acesso em: 20 mar. 2019

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. A história da soja. 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

FILHO, A. V. da S.; SILVA, M. I. V. Importância das Substâncias Húmicas para a Agricultura. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268049508_Importancia_das_Substancias_Humicas_para_a_Agricultura. Acesso em: 20 abr. 2019.

FIORESE, K.F. Avaliação das características agronômicas e produtividade de cultivares desoja em diferentes sistemas de semeadura. 2013. 36 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2013.

MORAES, J. G. V. Biofertilizantes: identificação das barreiras regulatórias e propostas para viabilizar esse insumo agrícola. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Escola de Economia, Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, São Paulo, 2015.

MORSOMME, P.; BOUTRY, M.. The plant plasma-membrane H⁺-ATPase: structure, function and regulation. **Biochim. Biophys. Acta**, n. 1465, p.1–16, 2000.

OLAETXEA, M; HITAA, D. de; GARCIA, C. A.; FUENTES, M.; BAIGORRI R.; MORA, V.; GARNICA, M.; URRUTIA, O.; ERRO, J.; ZAMARREÑO A.M.; BERBARA, R. L.; GARCIA-MINA, J. M. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shootgrowth. **Applied Soil Ecology**, Vol. 123, Pg. 521-537, 2018.

PIZAIA, M. G.; JESUS, R. R. e NEVES, A. B. A Produção de Soja no Paraná: Um Estudo sobre os Principais Fatores Políticos e Governamentais que Influenciaram o Crescente Aumento da Exportação da Soja. XLIII CONGRESSO DA SOBER “Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial”. Ribeirão Preto, Julho, 2005. Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/2/756.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2019.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina safras 2014/2015 e 2015/2016. Pelotas-RS: Embrapa Clima Temperado, 124p. 2014.

SILVA, F.A.S. & AZEVEDO, C.A.V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; LOPES, F. O.; BARROS, L. D.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. Â. R.; REZENDE, C. E.; PEREIRA, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, vol. 35, n. 5, p. 1609-16175, abr. 2011.