

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Instituto de Ciências Agrárias – ICA**

**Hércules Estevo Augusto Parreiras**

**EFEITOS DE ÁCIDOS HÚMICOS NA GERMINAÇÃO E  
CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE SOJA**

**Unai**  
**2022**

**Hércules Estevo Augusto Parreiras**

**EFEITOS DE ÁCIDOS HÚMICOS NA GERMINAÇÃO E  
CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE SOJA**

Monografia apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharelem Agronomia pela  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri.

Orientadora: Profa. Dra. Tania Pires da Silva

**Unai**

**2022**

**Hércules Estevo Augusto Parreiras**

**Hércules Estevo Augusto Parreiras**

**EFEITOS DE ÁCIDOS HÚMICOS NA GERMINAÇÃO E  
CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE SOJA**

Monografia apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Agronomia pela  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri.

Orientadora: Profa. Dra. Tania Pires da Silva

Data de aprovação 04/03/2022

Documento assinado digitalmente  
 Anderson Barbosa Evaristo  
Data: 10/03/2022 21:39:04-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo**  
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Documento assinado digitalmente  
 Leonardo Barros Dobbss  
Data: 10/03/2022 16:18:44-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Prof. Dr. Leonardo Barros Dobbss**  
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

Documento assinado digitalmente  
 Tania Pires da Silva  
Data: 10/03/2022 16:12:53-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Profa. Dra. Tânia Pires da Silva**  
Instituto de Ciências Agrárias – UFVJM

**Unaí**

**2022**

## RESUMO

Pesquisas recentes demonstram que os ácidos húmicos são capazes de beneficiar diretamente nos metabolismos e crescimento das plantas, com efeitos mais significativos ocorrendo no sistema radicular. Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácidos húmicos, isolados de vermicomposto sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de soja. Sementes de soja cultivar RK8115, divididas em dois lotes, de alto e baixo vigor, foram submetidas às concentrações 0,0; 2,0; 4,0; e 8,0 mMCL<sup>1</sup> de AH. Após o condicionamento osmótico, os sublotes foram semeados em papel germiteste para avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG) e teste de germinação (TG). Com o intuito de se analisar o crescimento inicial das plântulas foram semeadas quatro sementes de cada repetição em tubetes plásticos. Dez dias após a semeadura as plântulas foram medidas e posteriormente secas em estufa para determinar a massa seca (MS). Apesar de muitos estudos comprovarem benefícios para a germinação e crescimento de plântulas decorrentes da utilização dos ácidos húmicos, após análise dos resultados obtidos pela presente pesquisa, conclui-se que os ácidos húmicos nas concentrações aqui avaliadas não apresentaram, em nenhum dos parâmetros analisados, resultados positivos em relação ao tratamento controle, tanto nos lotes de alto como de baixo vigor.

Palavras-chave: Substâncias Húmicas. Sementes. *Glycine Max* (L.).

## ABSTRACT

Recent research demonstrates that humic acids are able to directly benefit plant metabolism and growth, with the most significant effects occurring in the root system. In this context, the present research aimed to evaluate the effect of different concentrations of humic acids, isolated from vermicompost on the germination and initial development of soybean seedlings. Soybean seeds cultivar RK8115, divided into two lots, with high and low vigor, were submitted to concentrations of 0.0; 2.0; 4.0; and 8.0 mMCL<sup>1</sup> of HA. After osmotic conditioning, the subplots were sown on germitest paper to evaluate the germination speed index (IVG) and germination test (TG). In order to analyze the initial growth of the seedlings, four seeds of each repetition were sown in plastic tubes. Ten days after sowing, the seedlings were measured and then oven dried to determine the dry mass (DM). In spite of many studies proving benefits for the germination and growth of seedlings resulting from the use of humic acids, after analyzing the results obtained by the present research, it is concluded that the humic acids in the concentrations evaluated here did not present, in any of the analyzed parameters, results positive in relation to the control treatment, both in high and low vigor lots.

Keywords: Keywords: Humic Substances. Seeds. *Glycine Max* (L.).

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>9</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Germinação e crescimento inicial de plântulas .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Matéria orgânica e a qualidade do solo.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 As substâncias húmicas e seus efeitos no solo e nas plântulas.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 O cultivo de soja no Brasil .....</b>	<b>13</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Preparo das sementes.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 O material húmico.....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Condicionamento osmótico com ácidos húmicos.....</b>	<b>16</b>
<b>4.4 Índice de Velocidade de Germinação e Teste de germinação .....</b>	<b>16</b>
<b>4.5 Avaliação do crescimento inicial das plântulas .....</b>	<b>18</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Análise da germinação das sementes.....</b>	<b>19</b>
<b>5.2 Índice de velocidade de germinação.....</b>	<b>21</b>
<b>5.3 Comprimento de raiz.....</b>	<b>21</b>
<b>5.4 Comprimento da parte aérea .....</b>	<b>23</b>
<b>5.5 Massa de matéria seca .....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Estudos indicam que as substâncias húmicas são capazes de interferir de forma direta no metabolismo, absorção de nutrientes e fisiologia das plântulas, causando efeitos semelhantes àqueles promovidos por hormônios vegetais (LIMA, et al., 2020).

Os benefícios proporcionados pelos ácidos húmicos nas plântulas decorrem da influência positiva dos ácidos húmicos sobre o transporte de íons, de modo a facilitar a absorção de nutrientes; influência positiva sobre o aumento da produção de ATP, pois propiciam o aumento da respiração e da velocidade das reações enzimáticas no ciclo de Krebs; verifica-se ainda o aumento do conteúdo de clorofila; da síntese de ácidos nucleicos; do efeito seletivo sobre a síntese proteica; e do estímulo ou inibição da atividade de diversas enzimas, influência positiva sobre o transporte de íons, facilitando a absorção de nutrientes (NANNIPIERI *et al*, apud CANELLAS *et al*, 2005).

Os efeitos mais significativos dos ácidos húmicos se dão no sistema radicular. Pesquisas demonstram que os ácidos húmicos acarretam o aumento das ramificações laterais devido à auxina presente na estrutura dos ácidos húmicos, a qual fomenta a divisão celular, dando origem às raízes laterais (LIMA, et al., 2020).

As pesquisas que envolvem a utilização de substâncias húmicas em plântulas visando aumento da produtividade mostram-se de fundamental importância uma vez que como fertilizantes os A.H. são uma alternativa de baixo custo e com enfoque sustentável (ERTANI *et al.*, 2011).

Estudos visando analisar os efeitos dos ácidos húmicos comparativamente entre lotes de sementes de diferentes classes de vigor não são fartos na literatura, de modo que não se sabe se os A.H. são capazes de melhorar significativamente a qualidade de sementes de baixo vigor, assim como sementes de alto vigor. Ademais, apesar de existirem estudos que demonstrem que os A.H. geram impactos positivos em plântulas, não se sabe exatamente quais as condições e a concentração de A.H. ideais para melhorar a germinação e crescimento inicial de sementes de soja.

Diante do exposto, a presente pesquisa visa verificar a hipótese de que lotes de sementes de soja de alto e baixo vigor, submetidas à diferentes concentrações de AH apresentarão melhores resultados do índice de velocidade de germinação, teste de germinação, comprimento radicular, comprimento de parte aérea e massa de matéria seca, quando comparadas ao tratamento controle (sem aplicação de AH).

## **2 OBJETIVO GERAL**

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácidos húmicos, isolados de vermicomposto sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de soja em dois lotes de diferentes classes de vigor.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Germinação e crescimento inicial de plântulas**

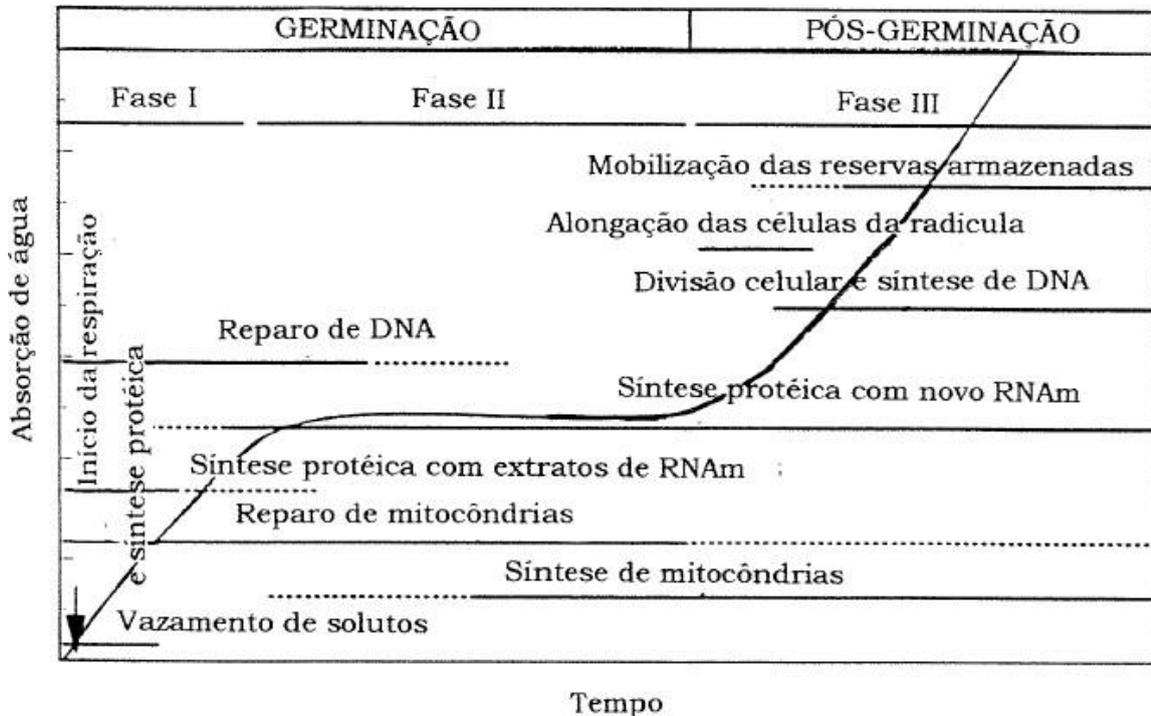
Morfologicamente, a germinação é a transformação do embrião que está dentro da semente em uma plântula. Sob o aspecto fisiológico é a reativação do metabolismo e crescimento, bem como a mudança na transcrição do programa genético (JANN; AMEN, 1977). A germinação é um recomeço para a semente cujo embrião sofreu uma interrupção em seu crescimento ao final da fase de maturação na planta-mãe (KARBAUY, 2004), é o retorno do desenvolvimento do embrião, que havia parado com a maturação (COSMO; GALERIANI, 2020).

A germinação tem início com a entrada de água na semente, chamada embebição, a qual desencadeia a ativação do metabolismo, culminando com o crescimento do eixo embrionário (KARBAUY, 2004). Acerca da complexidade do processo de germinação das plântulas afirma Vieira:

O processo germinativo requer participação ativa da complexa maquinaria de síntese da célula, consistindo de uma série de enzimas, fatores e cofatores, reguladores hormonais, ácidos nucleicos e caminhos outros ainda não identificados, com os aparatos para provir a energia necessária para várias atividades de síntese (VIEIRA, 2001, p.12.

Segundo Bewley (1997), o processo germinativo e pós-germinativo é composto por três fases, com eventos físico-fisiológicos e metabólicos organizados, conforme figura a seguir:

**Figura 1 – Eventos associados com o processo de germinação de sementes e subsequente crescimento pós-germinativo.**



Fonte: BEWLEY, 1997, *apud* VIEIRA, 2001, p. XX.

O processo de embebição das sementes é físico, relacionado às propriedades coloidais dos seus constituintes e às diferenças de potencial hídrico entre a semente e o meio externo. Durante a embebição ocorre a reativação do metabolismo, por intermédio de substâncias e estruturas preservadas após a fase de dessecação (KERBAUY, 2004). A esse respeito, Pes e Arenhardt afirmaram:

A etapa de hidratação ou embebição é o primeiro processo que ocorre na germinação e corresponde à absorção de água pela semente. A embebição causa um intumescimento (inchaço), rompendo os envoltórios da semente, devido ao aumento da pressão gerada pela entrada de água. Esse rompimento propicia a emissão da radícula e do caulículo, precursores da raiz e do caule. Outra consequência da hidratação é a ativação de uma série de enzimas (PES; ARENHARDT, 2015, p.64).

Segundo Kerbauy (2004), a água é o principal fator para o início da germinação uma vez que as sementes devem atingir uma quantidade estipulada de água para conseguir germinar. O processo de embebição pode ser considerado um processo trifásico, na primeira fase o nível de água na semente aumenta rapidamente para então se estabilizar na fase 2 e voltar a aumentar na terceira fase em função do crescimento do embrião.

A primeira fase da embebição é caracterizada pela alteração na permeabilidade das membranas, com isso ocorre uma perda de metabólitos de baixo peso molecular bem como de outros solutos, situação que pode ser reduzida com a pré-umidificação e com o aquecimento da semente não hidratada. Na segunda fase ocorre a estabilização da quantidade de água e a ativação dos processos metabólicos necessários, razão pela qual tal fase também é chamada de

fase estacionária. Nessa fase a semente ainda pode sofrer desidratação, diferentemente da terceira fase, sendo que pode ocorrer ainda de sementes dormentes se manterem por longos períodos nessa fase, até a quebra da dormência. Já a terceira fase é caracterizada pelo início do crescimento do eixo embrionário e retorno de absorção de água (KERBAUY, 2004).

Ressalte-se que as sementes, de acordo com a espécie, respondem de formas diferentes a uma mesma quantidade de água no substrato.

A deficiência de água durante o desenvolvimento da semente também pode afetar sua germinação. Em soja, se a planta sofrer estresse hídrico durante a fase de enchimento do grão, a germinabilidade diminui proporcionalmente ao número de dias de estresse. Já em espécies arbóreas de cerrado, sementes dispersas na estação seca podem germinar mais rapidamente do que sementes disseminadas na estação chuvosa, as quais apresentam maior dormência. (KERBAUY, 2004, p.397).

Pouco tempo após o início da embebição pode se detectar o aumento na atividade respiratória. Nesse momento também tem início a síntese proteica a partir de substratos que foram reativados com a embebição. A síntese de DNA, diferentemente, ocorre apenas na fase de crescimento do eixo embrionário, quando das divisões mitóticas (KERBAUY, 2004).

Na sequência, inicia-se um processo de translocação de reservas para os pontos de crescimento (radícula e caulículo). Essas estruturas são originárias do embrião da semente, cujas células começam a se expandir e se dividir. Geralmente, a radícula é a primeira estrutura do embrião a ficar saliente. Paralelamente ao crescimento do embrião ocorre a digestão das reservas armazenadas e a translocação dos produtos para os locais de crescimento.

A digestão das reservas significa transformar compostos insolúveis em solúveis, sendo fundamental a atuação de enzimas neste processo. Esses compostos solúveis serão assimilados pelo embrião, dando início a formação das primeiras estruturas da planta. (PES; ARENHARDT, 2015, p.65).

As mais diversas e complexas alterações metabólicas despertadas através da embebição são finalizadas com o crescimento da radícula através das estruturas envoltórias da semente, momento em que, fisiologicamente, se considera o fim do processo de germinação. (KERBAUY, 2004).

Por fim, tem-se que crescimento e desenvolvimento de plântulas são conceitos que não se confundem. O primeiro se refere ao aumento do volume da planta, geralmente acompanhado do aumento da matéria seca, o segundo se refere ao processo de passagem pelas diversas fases fenológicas. A fase de crescimento inicia na germinação e vai até a primeira floração (PES; ARENHARDT, 2015).

A qualidade e rapidez da germinação das sementes são fatores fundamentais para a produção agrícola. Muitas vezes os agricultores investem alto com as sementes, de modo que a busca por melhores condições possíveis para a germinação e crescimento de plântulas são de suma importância para se alcançar safras lucrativas.

### 3.2 Matéria orgânica e a qualidade do solo

Para melhorar a fertilidade e a qualidade do solo, uma série de compostos são utilizados, sendo a maioria à base de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK), de alto valor e difíceis de serem produzidos (CABRAL *et al.*, 2016). Em geral, fertilizantes químicos, se não utilizados com parcimônia, podem causar acidez fazendo com que haja necessidade de correção dos valores de pH com a utilização de calcário calcítico ou dolomítico, que juntamente com a adubação mineral são responsáveis por mais de 30% dos gastos para condução de lavouras no Brasil (CABRAL *et al.*, 2016).

A demanda por redução de custos fortaleceu as pesquisas ligadas à utilização de fontes de matéria orgânica visando boas produtividades com enfoque sustentável (CABRAL *et al.*, 2016). Além disso, visando diminuir custos de produção, a indústria responsável pelo desenvolvimento de fertilizantes tem direcionado esforços para a produção de bioativadores que podem ter como princípio ativo substâncias húmicas e outros tipos de compostos orgânicos, como extratos de algas, aminoácidos e hidrolisados de proteínas (ERTANI *et al.*, 2011).

Em áreas de cultivo contínuo é essencial o incremento e a restauração da qualidade do solo, assim garantindo a capacidade produtiva agrícola. Matéria orgânica do solo (MOS) é o mais relevante indicador da qualidade do solo (LAL, 2004). Dentre as vantagens relacionadas aos altos teores de MO, podemos citar a higroscopicidade, devido à grande área superficial específica o que promove o aumento da retenção de água (BRAIDA *et al.*, 2011).

A MOS tem potencial de transformar as relações físico-químicas do solo, alterando a disponibilidade de micronutrientes, fomentando a proliferação de microrganismos do solo e sua fauna edáfica. A MOS age como agente cimentante na constituição de agregados do solo, estabelecimento da temperatura do solo, controlando a evaporação da água nas camadas superficiais do solo (MAIS SOJA, 2020). Podemos citar ainda a retenção de água no solo, favorecimento do desenvolvimento das raízes, melhoramento da estabilidade dos agregados do solo, atenuação do escoamento de água superficial, reduzindo substancialmente o risco de erosão (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Estudos apontam que a concentração de MOS promove maior estabilidade dos agregados (BLANCO-CANQUI; LAL, 2009). Solos sem cobertura vegetal estão mais susceptíveis a sofrer erosões, as superfícies dos agregados em solos expostos são rapidamente dispersas sob forças erosivas da colisão das gotas de chuva. Segundo LIU *et al.*, (2010) estudos demonstram que solos com teores abaixo de 2% de carbono orgânico são considerados solos com potencial de sofrer erosão e quanto maior o teor de carbono orgânico no solo, menor é o potencial de erodibilidade.

A MO encontra-se em constante ciclagem no meio ambiente, por meio do processo contínuo de degradação do resíduo orgânico disposto no solo, isso ocorre devido a influência

de macro e microorganismos que agem em condições favoráveis. A conversão do resíduo orgânico em húmus é denominada humificação, quando incompleta a parcela remanescente do resíduo orgânico determina o coeficiente de humificação, a lignificação da matéria orgânica é o principal determinante do coeficiente de lignificação (CANELLAS; SANTOS, 2005).

Em decorrência dos efeitos diretos e indiretos nas características do solo, a MOS realiza grande influência sobre o potencial produtivo. O carbono orgânico do solo (COS) é fundamental para a sustentabilidade da agricultura, visto que o acréscimo de MO influencia diretamente em maiores produtividades das culturas, devido ao aumento da eficiência de utilização dos nutrientes (LAL, 2004; MALHI *et al.*, 2011; PAUL *et al.*, 2013).

Os solos tropicais possuem como característica química baixa capacidade de troca de cátions (CTC), em virtude do intenso intemperismo sofrido. A concentração de MOS possui grande relevância, pois os mesmos possuem baixa contribuição dos minerais de argila na CTC (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005). Segundo Costa e Sangakkara (2006) existe uma relação linear crescente entre a CTC total e conteúdo carbono orgânico nos solos tropicais.

A concentração de MOS pode ser caracterizado como um determinante fundamental da fertilidade do solo. Quando o estoque de MOS aumenta, as medidas agronômicas relacionadas a fertilidade, também são incrementadas. A CTC é aumentada quando os teores de MOS é acrescentada, devido ao fornecimento de um número significativo de sítios de ligação para elementos essenciais presentes no solo (COSTA; SANGAKKARA, 2006).

A matéria orgânica do solo pode ser subdividida em dois tipos de componentes: substâncias húmicas, que são os compostos de alto peso molecular, e não húmicas, os compostos orgânicos como amidos, carboidratos e lipídeos. Considerando que o húmus é a parte estável do solo, formada por substâncias húmicas que melhoram as propriedades físico-químicas dos solos (CANELLAS *et al* 2012).

Afirma-se que o húmus produzido pelas minhocas é composto por cerca de 60% do produto que elas ingerem, sendo um material rico em nutrientes utilizáveis pelas plantas, estando entre uma das principais fontes orgânicas aplicáveis na agricultura. Mas sua utilidade vai além, podendo ser usado como condicionador ou corretivo de propriedades químicas, biológicas ou físicas do solo é um excelente material orgânico para extrair substâncias húmicas (CANELLAS *et al* 2012).

### **3.3 As substâncias húmicas e seus efeitos no solo e nas plântulas**

Segundo Baldotto *et al.*, (2014) as substâncias húmicas são supramoléculas com origem em biopolímeros, que podem ser bioativos, ou seja bioestimulantes, o que pode favorecer a agricultura tropical (BALDOTTO *et al.* 2014). Isto porque, conforme se sabe, as

substâncias correspondem à maior parte da matéria orgânica encontrada em ambientes tropicais (CUNHA, 2005).

Os autores Hayes *et al.* (*apud* Mota *et al.*, 2015) afirmam que as substâncias húmicas se dividem em três: humina, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos (MOTA *et al.* 2015). A composição da substância húmica é formada por metóxilas (OCH<sub>3</sub>), carbonila (C=O), hidroxilas (OH) e carboxílicos (COOR). Elas podem ser encontradas na natureza, mais especialmente nos solos, sedimentos e na água (MOTA *et al.* 2015).

O uso de bioestimulantes vegetais com o objetivo de acelerar e melhorar a germinação de sementes, bem como promover crescimento de plantas jovens, não é novidade, tendo sido sugerido por pesquisadores como Weber (2011) e Nicchio *et al.* (2013). Além disso estudiosos como Aguiar e colaboradores (2009) notaram que as substâncias húmicas foram responsáveis pelo aumento no número de sítios de mitoses e raízes laterais de plântulas de milho (AGUIAR *et al.*, 2009), o que leva a crer que tal substância tem potencial de acelerar a germinação de sementes.

Nas plantas, as SH são capazes de interferir de forma direta nos metabolismos e crescimento delas (CANELLAS *et al.* 2012). Estudos verificam que os efeitos mais significativos de ácidos húmicos nas plantas ocorrem no sistema radicular, devido a um aumento das ramificações laterais e incremento da biomassa (CARON *et al.* 2015). Os efeitos citados correspondem aos promovidos pela auxina. A explicação dada para este fato é que quando absorvido pelas plantas, os ácidos húmicos instigam a síntese de auxina, culminando no crescimento de raízes mediante expansão e alongamento das células (CANELLAS *et al.* 2012). Os autores Cassimiro *et al.* (*apud* Caron *et al.*, 2015) afirmam que, após a sintetização, a auxina fomenta as células do pecíolo a iniciarem a divisão celular, dando origem às raízes laterais.

Para os autores Nannipieri *et al.* (*apud* Canellas *et al.*, 2005) alguns fatores justificam os efeitos da substâncias húmicas no metabolismo das plantas, podendo ser resumidos em: a) aumento na síntese dos ácidos nucleicos; b) influência positiva sobre o transporte de íons facilitando a absorção; c) aumento ou inibição da atividade de certas enzimas; d) efeitos sobre a síntese proteica; e) aumento na respiração e da velocidade da reações enzimáticas do de Krebs, resultando em uma maior produção de ATP; e f) aumento na quantidade de clorofila.

Além do crescimento do sistema radicular, os ácidos húmicos são capazes de incrementar a biomassa da parte aérea da planta. Essa diferença é devido a uma ativação das ATPases bombeadoras de prótons encontradas na membrana plasmática da epiderme radicular, o que culmina em uma maior troca de íons e desta forma, resulta em uma maior absorção de nutrientes capazes de influenciar no crescimento vegetativo, como por exemplo o nitrato (MORA *et al.*, 2010).

### **3.4 O cultivo de soja no Brasil**

No Brasil, segundo informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o agronegócio é um dos setores que mais promoveu movimentações na economia do país. Consta que foi responsável por 21,6% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017, além de ter sido responsável por um a cada três empregos gerados no país no mesmo período (MAPA, 2019).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2019) o Brasil é o segundo maior produtor mundial de grãos, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA).

O volume de exportações e a rentabilidade da produção de soja no Brasil afetam diretamente o PIB nacional e a balança de pagamentos brasileira pois a soja é o principal produto de exportação nacional (CRISTINO, 2013).

De acordo com dados fornecidos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) sobre a safra 2018/2019, os Estados Unidos foram responsáveis pela produção de 123,664 milhões toneladas de soja, enquanto o Brasil, em segundo lugar, foi responsável pela produção de 114,843 milhões de toneladas da oleaginosa. Por outro lado, a área plantada com a cultura corresponde a 35,650 milhões de hectares nos EUA. Enquanto no Brasil, área cultivada é de 35,822 milhões de hectares. Isso significa que na safra 2018/2019, a produtividade dos EUA foi de 3.468 Mg/ha e do Brasil foi de 3.206 Mg/há ( EMBRAPA, 2019). Ou seja, em que se pese a ocupação do segundo lugar, que é indiscutivelmente importante para a economia, o Brasil possui uma produtividade significativamente menor.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Preparo das sementes**

Foram utilizadas sementes de soja cultivar RK8115, divididas em dois lotes, um de alto e outro de baixo vigor. Como não se teve acesso a lotes específicos de classes de vigor diferentes, sementes de soja foram submetidas a um processo de aceleração de deterioração, através da exposição a temperatura e umidade elevadas. Para isso, as sementes foram acondicionadas, na repartição de tela que separa a água das sementes, de caixas tipo gerbox, sem contato com as sementes, adicionou-se 40 ml de água ao fundo e após tampadas, foram mantidas por 72 horas a uma temperatura de 31°C. Submeter as sementes à uma câmara úmida, promove a diminuição do vigor das sementes, caracterizando assim em um lote de alto e outro

de baixo vigor.

**Figura 2 - Envelhecimento acelerado de sementes de soja acondicionadas em caixas gerbox, durante 72 horas a 31°C.**



Fonte: o autor

#### **4.2 O material húmico**

O material húmico utilizado foi extraído de vermicomposto de esterco bovino e é pertencente a humoteca do Instituto de Ciências Agrárias. O preparo dos AH foi feito com base no seu teor de carbono, mediante a diluição de 0,0980g de ácido húmico em 1000 mL de água destilada, resultando em uma concentração de 10,0 mMCL<sup>1</sup>. Posteriormente, foram realizadas novas diluições com a finalidade de se obter as concentrações a serem realizadas nos procedimentos seguintes: 2,0; 4,0 e 8,0 mMCL<sup>1</sup>. Todas as soluções tiveram os valores de pH ajustados para aproximadamente 5,80.

#### **4.3 Condicionamento osmótico com ácidos húmicos**

Os dois lotes de sementes (alto e baixo vigor) foram subdivididos em quatro sublotos e submetidos ao tratamento com as diferentes concentrações de AH. Nesses sublotos, as sementes foram expostas as seguintes concentrações: 0,0 (água destilada); 2,0; 4,0 e 8,0 mMCL<sup>1</sup> de AH.

Os sublotos foram envelopados por duas folhas de papel do tipo germiteste (28x38cm), umidificadas com solução contendo os tratamentos de AH na proporção de 2,5 vezes o peso das folhas secas, conforme figura abaixo. Após serem acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados, foram mantidos em estufa do tipo B.O.D., regulada a 25°C constante com fotoperíodo de 12 horas, durante 24 horas.

**Figura 3 - Condicionamento osmótico em sementes de soja com ácidos húmicos. Unaí, MG.**



Fonte: o autor

#### **4.4 Índice de Velocidade de Germinação e Teste de germinação**

Após os tratamentos os sublotes foram semeados em papel germiteste para avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG) e teste de germinação (TG), foram utilizadas oitocentas sementes por tratamento, em quatro repetições de duzentas sementes, distribuídas em quatro rolos com cinquenta sementes cada.

O papel utilizado foi devidamente umedecido com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. O rolo para TG e IVG foi composto de três folhas de papel germiteste, sendo duas folhas por baixo e uma cobrindo as sementes após semeadura.

Após semeadas e cobertas, enrolou-se as sementes no referido papel, formando-se um rolo, totalizando quatro rolos. Desta forma, finalizou-se uma repetição unindo-se os rolos por um elástico e os colocando em duas embalagens plásticas transparente (um de baixo pra cima, e outro de cima para baixo fechando com elástico). Em seguida, acomodadas em estufa do tipo B.O.D (programada a 25°C com fotoperíodo de 12 horas de luz).

O teste de germinação foi realizado fazendo a contagem no quinto e oitavo dias após a semeadura, conforme prescrito no teste de análise de sementes. Foram consideradas sementes germinadas aquelas em que houve emissão da radícula.

Para determinação do índice de velocidade de germinação (IVG), as avaliações tiveram início após 48 horas de semeadura. Prosseguiu-se de forma diária, sendo que foram consideradas sementes germinadas aquelas em que houve emissão da radícula. Considerou-se a seguinte fórmula:  $IVG = \sum (ni/ti)$ , em que:  $ni$  = número de sementes que germinaram no tempo “i”;  $ti$  = tempo após instalação do teste;  $i = 2 \rightarrow 10$  dias (FILHO; DE CARVALHO, 2009).

#### **4.5 Avaliação do crescimento inicial das plântulas**

Das sementes submetidas ao tratamento com ácidos húmicos quatro de cada repetição foram semeadas em tubetes plásticos (com abertura de 7,5x7,5cm e 20cm de altura) preenchidos com areia peneirada em malha de 0,5cm, conforme figura a seguir. As sementes foram semeadas a uma profundidade de 2,5cm. Decorridos quatro dias da semeadura, procedeu-se a eliminação das plantas que apresentaram menor crescimento em cada repetição, deixando apenas uma em cada tubete.

**Figura 4 – Semeadura para análise do crescimento inicial de sementes submetidas a diferentes condicionamentos osmóticos com ácido húmico. Unaí, MG.**



Fonte: o autor

Completados dez dias após a semeadura, as plantas foram extraídas mediante lavagem em água corrente. Na sequência, mediu-se separadamente raiz e parte aérea, posteriormente as mesmas foram secas em estufa durante 72 horas há 40°C, para determinação da massa seca (MS).

**Figura 5 - Sistema radicular de soja submetida ao tratamento com ácidos húmicos. Unaí, MG.**



Fonte: o autor

## 4.6 Análise estatística

Os experimentos foram analisados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) no esquema fatorial 2x4 (2 lotes de sementes e 4 doses de ácidos húmicos) ambos fatores foram considerados como qualitativos, por essa razão utilizou o teste de médias. Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilk e de acordo com a distribuição estes foram comparados usando-se ANOVA seguido pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico R versão 2.7 (R CORE TEAM, 2021).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Análise da germinação das sementes

Houve interação significativa entre os fatores concentração de ácidos húmicos e vigor de sementes. A tabela 1 apresenta o efeito das diferentes concentrações de ácidos húmicos na germinação de sementes de soja com alto (A) e baixo (B) vigor, sobre o índice de vigor das sementes. Os testes de vigor permitem identificar os lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar melhor desempenho no campo ou durante o armazenamento. Observa-se que não houve diferença significativa quanto à germinação das sementes nas diferentes concentrações de ácido húmico no lote A, de alto vigor.

Já em relação ao lote B, observou-se que entre as concentrações 0,0 e 2,0 mMCL<sup>-1</sup> também não diferiram significativamente, porém apresentaram diferenças significativas quando comparadas às concentrações 4,0 e 8,0 mMCL<sup>-1</sup>. Observou-se que houve tendência de aumento na concentração 8,0 mMCL<sup>-1</sup>. Ressalte-se ainda que no lote de semente B a média passou de 64,50 nas sementes testemunhas para 66,75 na concentração 2,0 mMCL<sup>-1</sup>.

As diferenças apresentadas entre os lotes de sementes de soja de alto e baixo vigor, por sua vez, foram as esperadas tendo em vista que foi realizado procedimento de envelhecimento acelerado em um dos lotes de semente justamente para que se pudesse obter um lote de sementes de alto e outro de baixo vigor. Ressalte-se que dentre os testes utilizados para avaliação do vigor, o envelhecimento acelerado é considerado como um dos mais sensíveis e recomendados para várias espécies, ele tem como princípio o aumento da taxa de deterioração das sementes através da exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração (PANOBIANCO, 2001).

**Tabela 1 - Efeito das diferentes concentrações de ácidos húmicos no índice de vigor de sementes de soja em lotes de alto (A) e baixo (B) vigor. Unai, MG. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas e minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).**

Lote de semente	Concentração de ácido húmico (mMCL <sup>-1</sup> )				MÉDIA
	0,0	2,0	4,0	8,0	
A	90,25Aa	90,50Aa	92,00Aa	90,00Aa	<b>90,68</b>
B	64,50Ba	66,75Ba	44,00Bc	53,50Bb	<b>57,18</b>
<b>Média</b>	<b>77,38</b>	<b>78,63</b>	<b>68,00</b>	<b>71,75</b>	

Fonte: o autor

Resultados semelhantes foram encontrados por Cotrim *et al.*, (2016) que avaliou o efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense* e ácido húmico na qualidade fisiológica de sementes de trigo. Neste estudo apesar das cultivares tratadas com ácido húmico apresentarem um alto índice de desempenho, os valores apresentados não foram capazes de diferir do controle. Oliveira *et al.* (2013), concluiu que o efeito do tratamento com ácido húmico em sementes de Leucena, previamente escarificada ou não com ácido sulfúrico, não foi significativo para a característica germinação de sementes, porém, no sentido oposto, Piccolo *et al.* (1993) relataram que a utilização de ácidos húmicos e fúlvicos apresentou melhoria na germinação de sementes.

A diferença em relação aos resultados verificados no presente estudo pode se dar ainda em virtude das particularidades da cultivar, do tempo a que as sementes foram submetidas ao condicionamento osmótico, dentre outros fatores que demonstram a necessidade de novas pesquisas na área.

## 5.2 Índice de velocidade de germinação

Observou-se que nas diferentes concentrações de ácido húmico utilizadas (0,0; 2,0; 4,0 e 8,0 mMCL<sup>-1</sup>) houve diferença quanto ao índice de velocidade de germinação das amostras nos lotes A e B. Esta diferença já era esperada tendo em vista que amostras com baixo vigor apresentam uma queda maior de sua viabilidade, e as sementes utilizadas foram submetidas ao envelhecimento acelerado, ao passo que sementes mais vigorosas apresentam porcentagens de índice de germinação maiores. A interação de concentração de ácidos húmicos e vigor de sementes foi significativa.

**Tabela 2- Índice de velocidade de germinação dentro de cada nível de Concentração de Ácidos Húmicos em sementes de soja em lotes de alto (A) e baixo (B) vigor. Unaí, MG. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas e minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).**

Lote de semente	Concentração de ácido húmico (mMCL <sup>-1</sup> )				MÉDIA
	0,0	2,0	4,0	8,0	
A	43,92 Aa	45,99 Aab	46,48 Aab	46,87Ab	<b>45,815</b>
B	39,89 Bab	40,61 Ba	37,06 Bb	39,62 Bab	<b>39,295</b>
<b>Média</b>	<b>41,91</b>	<b>43,30</b>	<b>41,77</b>	<b>43,25</b>	

Fonte: o autor

A tabela 2 demonstra que os índices de velocidade de germinação são estatisticamente iguais dentro do lote B. Verifica-se, contudo, nas sementes de alto vigor, que há uma tendência de aumento da velocidade de germinação, quanto maior a concentração de A.H., uma vez que a média foi de 43,92 na concentração 0,0 mMCL<sup>-1</sup> para 46,87 na concentração 8,0 mMCL<sup>-1</sup>.

Resultados diferentes foram encontrados em outras pesquisas. De acordo com o estudo realizado por MOTA *et al* (2015), no qual sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All ficaram imergidas por 12 horas em solução contendo concentrações de 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00% de substância húmica, a aplicação de substâncias húmicas na concentração entre 0 e 0,25% promoveu efeito positivo sobre a germinação e o índice de velocidade de germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva*.

### 5.3 Comprimento de raiz

No que tange à análise do efeito dos tratamentos sobre o comprimento da raiz, verificou-se que não houve diferença significativa entre os lotes e as concentrações de ácidos húmicos quanto ao comprimento das raízes e a interação de concentração de ácidos húmicos e vigor de sementes não foi significativa, conforme pode-se observar na tabela 3.

**Tabela 3 –Efeito do ácido húmico no comprimento de raiz em lotes de sementes de soja com alto (A) e baixo (B) vigor, submetidos a diferentes concentrações de ácidos húmicos. Estatisticamente não houve diferença significativa. Unaí, MG.**

Lote de semente	Concentração de ácido húmico				MÉDIA
	0	2	4	8	
A	24,775	25,75	24,675	24,325	<b>24,88 a</b>
B	23,65	25,625	20,15	22,975	<b>22,85 b</b>
<b>Média</b>	<b>24,2125a</b>	<b>25,1875 a</b>	<b>22,4125a</b>	<b>23,650 a</b>	

Fonte: o autor

Resultados semelhante foi o encontrado por NICCHIO *et al* (2013) em que o ácido húmico (Adubem Agrega®), nas dosagens utilizadas, não promoveu aumento no vigor de plântulas, teor de massa fresca e seca, total, parte aérea e raiz no tratamento de sementes de

milho.

A consequência mais citada pelas pesquisas sobre os efeitos do ácido húmico, porém não detectada no presente trabalho, é justamente o aumento no crescimento radicular, o que interfere diretamente nos processos de absorção de nutrientes e, via de consequência, aumenta a produtividade na parte aérea, e este fenômeno ocorre porque a morfologia radicular está sujeita, por ser demasiadamente sensível, às propriedades físicas e químicas do solo (CANELLAS *et al* 2012).

No mesmo sentido, o estudo realizado por Piccolo *et al.* (1993) demonstrou que a utilização de ácidos húmicos e fúlvicos resultou em um melhor desenvolvimento radicular de sementes de alface. Canellas e Santos (2005), afirmaram que em plântulas de milho, as substâncias húmicas exercem forte estímulo no crescimento radicular aumentando o número de raízes laterais emergidas e a área superficial.

#### 5.4 Comprimento da parte aérea

Quando da análise do comprimento de parte aérea, verificou-se que a interação de concentração de ácidos húmicos e a classe de vigor de sementes não foi significativa, A tabela 4 apresenta dados sobre o comprimento da parte aérea, observa-se que não houve diferença significativa entre os fatores lote e concentração de ácido húmico. As diferenças entre os lotes de sementes de alto e baixo vigor já eram esperadas considerando que aquelas são mais hábeis que essas, conforme anteriormente estudado.

Além dos efeitos dos ácidos húmicos nas raízes, estudos também revelam que tais substâncias possuem efeitos positivos em relação à parte aérea, uma vez que os ácidos húmicos exercem influência em vários níveis de organização e etapas envolvidas da fisiologia vegetal, tais como metabolismo, presença de organelas, crescimento e desenvolvimento, e produção de flores, frutos e sementes (LIMA, *et al.*, 2020).

**Tabela 4 - Efeito de diferentes concentrações de ácido húmico em lotes de alto (A) e baixo (B) vigor em relação ao comprimento da parte aérea. As médias são estatisticamente iguais de acordo com teste F. Unai, MG.**

Lote de semente	Concentração de ácido húmico				MÉDIA
	0	2	4	8	
A	10,55	11,25	10,375	10,1	<b>10,5688 a</b>
B	7,95	7,65	7,825	6,3	<b>7,4312 b</b>
<b>Média</b>	<b>9,25 a</b>	<b>9,45 a</b>	<b>9,1 a</b>	<b>8,2 a</b>	

Fonte: o autor

A tabela 4 mostra que não foi observada uma influência significativa das concentrações de ácido húmico sobre o comprimento da parte aérea, independentemente do fato de a semente originária ser de alto ou baixo vigor. Em contraste com esses resultados Cotrim

et al., (2016), concluíram que a aplicação via tratamento de sementes com ácido húmico aumentou o crescimento da raiz, parte aérea e massa seca de parte aérea de plântulas de trigo.

Vendruscolo et al. (2014) verificaram em plantas de sorgo granífero na variedade 1G282, que o aumento das doses de ácido húmico culminou no decréscimo do comprimento da parte aérea. Este processo, segundo os autores Camargo *et al.* (2001), é justificado pelo fato de que o ácido húmico, sendo produto intermediário da decomposição da matéria orgânica, uma vez acumulado tem potencial de afetar negativamente o desenvolvimento da planta, especialmente na fase inicial do crescimento, onde o tecido encontra-se mais vulnerável. Os autores afirmam ainda que esses sintomas podem estar associados a inibição à respiração e, viade consequência, à divisão celular.

#### 5.4 Massa de matéria seca

O presente estudo analisou ainda a massa de matéria seca total da plântula, computando parte aérea e sistema radicular. Não houve interação significativa entre a classe de vigor das sementes e a concentração de ácidos húmicos.

**Tabela 5 - Efeito de diferentes concentrações de ácido húmico em lotes de alto (A) e baixo (B) vigor no tocante à massa de matéria seca. De acordo com o teste F, as médias desse fator são estatisticamente iguais. Unaí, MG.**

Lote de semente	Concentração de ácido húmico				MÉDIA
	0	2	4	8	
A	0,16105	0,173675	0,18275	0,169275	<b>0,1717 a</b>
B	0,132	0,141975	0,1408	0,117675	<b>0,1331 b</b>
<b>Média</b>	<b>0,1465 a</b>	<b>0,1578 a</b>	<b>0,1618 a</b>	<b>0,1435 a</b>	

Fonte: o autor

A tabela 5 demonstra que analisando isoladamente a concentração de ácidos húmicos também não houve diferença significativa entre as concentrações de ácidos húmicos quando comparados a massa de matéria seca. Estatisticamente não houve diferenças significativas, conforme explicitado na tabela 5, de forma que o resultado se assemelha ao relatado por Gonçalves *et al.* (*apud* ANJOS, 2010) em plantas de alface, onde os autores observaram que o ácido húmico não foi capaz de alterar significativamente o peso seco das plantas.

Reitera-se que o resultado encontrado na presente pesquisa se difere dos resultados apresentados por diversas pesquisas que concluem que há aumento da massa seca das plantas em decorrência da influência positiva dos ácidos húmicos sobre o transporte de íons, facilitando a absorção de nutrientes e o desenvolvimento das plântulas (LIMA *et al.*, 2020).

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após análise dos resultados obtidos pela presente pesquisa, rejeita-se a hipótese delimitada uma vez que as diferentes concentrações de AH utilizadas não apresentaram, nos parâmetros analisados, resultados positivos.

Dada a importância do uso dos compostos alternativos, tendo em vista seu custo reduzido e baixo impacto ambiental, os resultados aqui apresentados demonstram ser necessária uma continuidade no estudo da ação dos ácidos húmicos em sementes de soja, em outras concentrações, condições e variedades de sementes.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, N. de O.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B.; ZANDONADI, D. B. Z.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. Distribuição de massa molecular de ácidos húmicos e promoção do crescimento radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1613-1623, dez. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832009000600010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000600010)>. Acesso em 03 jan. 2020.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de suprimento de nitrogênio ao milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 179-189, 2000.
- ANJOS, Olga Oliveira. **Substâncias húmicas no metabolismo de nitrogênio em plantas de rúcula (*Eruca sativa* Miller)**. Dissertação de Mestrado. UEMA, São Luis, 2010.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Rev. Ceres** [online]. 2014, vol.61. p.856-881. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2014000700011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2014000700011)>. Acesso em 12 nov. 2019.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.599-607, 2000.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Fisiologia e bioquímica das sementes. Nova York, 1978 apud VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. Tese (doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R. Impactos da remoção de resíduos de culturas na produtividade do solo e na qualidade ambiental. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 28, p. 39–163, 2009.
- BRAIDA, J. A., BAYER, C., ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria Orgânica e seu Efeito na Física do Solo. In: Klauberg Filho, O., Mafra, A. L. e Gatiboni, L. C. Tópicos em Ciência do Solo. **SBCS**, v.7, p. 221-278, 2011.
- CAMARGO, Flávio Anastácio de Oliveira.; ZONTA, Everaldo; SANTOS, Gabriel de Araújo; ROSSIELLO, Roberto Oscar Pereyra. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas, **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.223-229, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a29v31n3.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- CABRAL, V. O.; BOAS, D. C. V; TEIXEIRA., B. B. M. P. C. SEMINÁRIO PIBIC EMBRAPA SOLOS 2015/2016: Produção de fertilizantes organominerais a partir de substâncias húmicas. **EMBRAPA**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 37-40, jun./2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1063109/1/2016148.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2021.

CANELLAS, L. P. *et al*; Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, dez. 2001.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Humosfera: Tratado Preliminar Sobre a Química das Substâncias Húmicas. **Seropédica e Campos dos Goytacazes CCTA**, UENF, 2005. p. 224-243.

CANELLAS, L. P.; DOBBS, L.B.; OLIVEIRA, A. L. B. de.; CHAGAS, J. G.; AGUIAR, N. de O.; RUMJANEK, V. M.; NOVOTNY, E. H.; OLIVARES, F. L.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A. **Bioatividade e características químicas de ácidos húmicos da sequência de solos tropicais**. *European Journal of Soil Science*, v. 63, 315–324, jun. 2012.

CARON, V. C. *et al*, Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos ESALQ - Divisão de Biblioteca, **Série Produtor Rural**, nº 58, 46 p. Piracicaba SP, 2015.

CASIMIRO, I.; MARCHANT, A.; BHALERÃO, R.P.; BERCKMAM, T.; DHOOGHE, S.; SWARUP, R.; GRAHAM, N.; INZÉ, D.; SANPBERG, O.; CASERO, P.S.; BENNETT, M. O transporte de auxina promove a iniciação da raiz lateral de *Arabidopsis*. **The Plant Cell**, Rockville, v. 13, n. 4, pág. 843-852, 2001 apud CARON, V. C. *et al*, Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos ESALQ - Divisão de Biblioteca, **Série Produtor Rural**, nº 58, 46 p. Piracicaba SP, 2015.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Regeneração agrônômica da fertilidade do solo em terras altas da Ásia tropical para a produção sustentável de alimentos. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p.111-133, 2006.

COTRIM, M. F.; ALVAREZ, R.de C. F.; SERON, A. C. C. Qualidade Fisiológica de sementes de trigo em resposta a aplicação de *azospirillum brasilense* e ácido húmico. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 4, 2016.

CRISTINO, F. B. de L. **A importância do complexo soja para a economia brasileira**. Uma análise sob o enfoque das exportações. Monografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

CUNHA, T. J. F. **Ácidos húmicos de solos escuros da Amazônia** (terra preta de índio). Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp007414.pdf>>. Acesso em 23 dez 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2018/2019)**. 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/web/porta1/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 24 nov. 2019.

ERTANI, A.; SCHIAVON, M.; ALTISSIMO, A.; FRANCESCHI, C.; NARDI, S.. Substâncias orgânicas contendo fenol estimulam o metabolismo de fenilpropanóides em *Zea mays*. **Journal of Plant Nutrition & Soil Science**, 2011, 1-8.

FILHO, Ricardo Cetnarski; DE CARVALHO, Ruy Inácio Neiva. Massa da amostra, substrato e temperatura para teste de germinação de sementes de *eucalyptus dunnii* maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 257-265, jul.-set., 2009. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v19n3/A3V19N3.pdf>>. Acesso em: 5 mar 2020.

GONÇALVES, C. M.; COSTA, P. F. P.; CASTILHOS, R. M. V.; MORSELLI, T. B. G. A.; SANTOS, D. C.; FRANCO, A. M. P. **Produção de alface em solução nutritiva com adição de substâncias húmicas de vermicompostos**. apud ANJOS, Olga Oliveira. Substâncias húmicas no metabolismo de nitrogênio em plantas de rúcula (*Eruca sativa* Miller). Dissertação de Mestrado. UEMA, São Luis - MA. 2010. 54p.

JANN, R.C.; AMEN, R.D. **O que é germinação?** apud KHAN, A.A. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Amsterdam: North Holland Publ. 1977.  
HAYES, M. H. B. MACCARTHY, P. MALCOLM, R. L. SWIFT, R. S. **Substâncias Húmicas II**. Em busca de Estrutura. West Sussex, Reino Unido: John Wiley e Sons Ltd. 1989 apud MOTA, A. R. da; *et al.* Efeito da substância húmica na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável [online]. v. 10, n.3, p 26 - 30, jul-set, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/289767745\\_Efeito\\_da\\_substancia\\_humica\\_na\\_germinacao\\_de\\_sementes\\_de\\_Myracrodruon\\_urundeuva\\_Fr\\_All](https://www.researchgate.net/publication/289767745_Efeito_da_substancia_humica_na_germinacao_de_sementes_de_Myracrodruon_urundeuva_Fr_All)>. Acesso em 10 nov. 2019.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Editora Guanabara Koogan S.A.: Rio de Janeiro. 2004.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 492 p. 1985.

KROGMEIER, M.J., BREMNER, J.M. Efeitos dos ácidos alifáticos na germinação de sementes e crescimento de plântulas no solo. **Comunicações em Ciência do Solo e Análise de Plantas**, Nova York, v. 21, n.7/8, p.547-555, 1990 apud CAMARGO, Flávio Anastácio de Oliveira.; ZONTA, Everaldo; SANTOS, Gabriel de Araújo; ROSSIELLO, Roberto Oscar Pereyra. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas, **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.223- 229, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a29v31n3.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

LAL, R. Impactos do sequestro de carbono no solo global. **Science**, v.304, p.1623, 2004.

LIU, X.B.; ZHANG, X.Y.; WANG, Y.X.; SUI, Y.Y.; ZHANG, S.L.; HERBERT, S.J.; DING, G. Degradação do solo: um problema que ameaça o desenvolvimento sustentável da agricultura no nordeste da China. **Planta, Solo e Meio Ambiente**, v.56, p.87-97, 2010.

LIMA, A.C.B.P.; AGUIAR, T.C; DA SILVA, L.S.; CANTARINO, R.E; GARCÍA, A.C.; CASTRO, T.A.T.; MELLO, D.F.G; TAVARES, O.C.H; SANTOS, T.L; OLLVEIRA, D. F; MOURA, O.V.T; SILVA, H.F.O. Características químicas, físicas e biológicas dos ácidos húmicos e seus efeitos em plantas. p. 172-188. In: **Atividades de ensino e de pesquisa em química 2** [recurso eletrônico]. Org. Carmen Lúcia Voigt. Ponta Grossa, Atena Editora, 2020.

LYNCH, J.M. Efeitos dos ácidos orgânicos na germinação de sementes e crescimento de mudas. **Planta, Célula e Meio Ambiente**, Londres, v. 3, p. 255-259, 1980. CAMARGO, Flávio

Anastácio de Oliveira.; ZONTA, Everaldo; SANTOS, Gabriel de Araújo; ROSSIELLO, Roberto Oscar Pereyra. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos

voláteis em plantas, *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.3, p.223- 229, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a29v31n3.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

MAIS SOJA. **Matéria Orgânica no solo:** importância, manejo e construção. Disponível em: <https://maissoja.com.br/materia-organica-no-solo-importancia-manejo-e-construcao/>. Acesso em: 6 dez. 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agropecuária Brasileira em Números**. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>>. Acesso em: 20 out. 2019.

MONTANARO, G.; CELANO, G.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Efeitos de práticas agrícolas protetoras do solo sobre o carbono orgânico e a produtividade em pomares de árvores frutíferas. **Degradação e Desenvolvimento da Terra**, v.21, p.132-138, 2010.

MORA *et al.* A ação do ácido húmico na promoção do crescimento da parte aérea do pepino envolve mudanças relacionadas ao nitrato, associadas à distribuição da raiz à parte aérea de citocininas, poliaminas e nutrientes minerais. **Revista de Fisiologia Vegetal**, Jena, v. 167, p. 633-642, 2010. In: CARON, Vanessa Cristina; GRAÇAS, Jonathas Pereira; CAMARGO, Paulo Roberto de Camargo. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba, 2015.

MOTA, A. R. da; *et al.* Efeito da substância húmica na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** [online]. v. 10, n.3, p 26 - 30, jul-set, 2015. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/289767745\\_Efeito\\_da\\_substancia\\_humica\\_na\\_germinacao\\_de\\_sementes\\_de\\_Myracrodruon\\_urundeuva\\_Fr\\_All](https://www.researchgate.net/publication/289767745_Efeito_da_substancia_humica_na_germinacao_de_sementes_de_Myracrodruon_urundeuva_Fr_All)>. Acesso em 10 nov. 2019.

NANNIPIERI, P; GRECO, S.; DELLÀGNOLA, G.; NARDI, S. **Propriedades bioquímicas e fisiológicas da substância orgânica**. Bologna, Patron, 1993 *apud* CANELLAS, L. P. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005. p. 224-243.

NICCHIO, B.; BOER, C.; SIQUEIRA, T.; VASCONCELOS, A. C.; RESENDE, W. S.; LANA, R. Ácido húmico e bioativador no tratamento de sementes de milho, **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.2, n.2, p.61-73, 2013. Disponível em: < [https://www.academia.edu/35905977/%C3%81CIDO\\_H%C3%9AMICO\\_E\\_BIOATIVADOR\\_NO\\_TRATAMENTO\\_DE\\_SEMENTES\\_DE\\_MILHO](https://www.academia.edu/35905977/%C3%81CIDO_H%C3%9AMICO_E_BIOATIVADOR_NO_TRATAMENTO_DE_SEMENTES_DE_MILHO)>. Acesso em 04 dez 2019.

OLIVEIRA, A. C. G.; BALDOTTO, M. A.; DEL GIUDICE, M. P.; BALDOTTO, L. E. B. Germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* escarificadas ou não com ácido sulfúrico em resposta ao tratamento com ácidos húmicos. In: **IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**. Salvador - BA, 2013.

PANOBIANO, M.; FILHO, J.M. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.525-531, jul/set. 2001. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/sa/a/GGZ5mhmyGS8HwgvcqkQGCr/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 25 fev. 2022.

PERIN, A. *et al.* Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado: sub. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 35-40, jun./2004.

PICCOLO, A.; CELANO, G.; PIETRAMELLARA, G. Efeitos de frações de substâncias húmicas derivadas do carvão na germinação de sementes e crescimento de plântulas. (*Lactuca sativa* e *Lycopersicon esculentum*). **Biology and Fertility of Soils**, v. 16, n. 1, p. 11-15, Jun. 1993.

R CORE TEAM. **R**: Uma linguagem e ambiente para computação estatística. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria. Disponível em: < <https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2021.

RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, v.69, p.149-155, 2010.

ROSA, D. M. et al; Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 221-230, abr-jun, Fortaleza 2017.

SCHIEFELBEIN, J.W.; BENFEY, P.N. The development of plant roots: approaches to underground problems. **The Plant Cell**, v.3, p.1147-1154, 1991.

SILVA, A. T.; SILVA, S. T. Panorama da Agricultura Orgânica no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.23, p.1031-1040, dezembro 2016.

SILVA FILHO, A.V.; SILVA, M.I.V. Uso de ácidos orgânicos na agricultura. *In*: SEMINÁRIO DE NUTRIÇÃO VEGETAL, 1, 2002, **Petrolina Anais**. Petrolina: Companhia de Agroquímicos, p.125-149, 2002.

UNGERA, P.W.; STEWARTA, B.A.; PARRB, J.F.; SINGHC, R.P. **Manejo de resíduos vegetais e métodos de preparo do solo para conservação do solo e da água em regiões semiáridas**. **Pesquisa de Solo e Cultivo**, v.20, p.219-240, 1991.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. Tese (doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.

WEBER, F. **Uso de bioestimulantes no tratamento de sementes de soja**. Pelotas, 2011. 28f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2011.

