



Pedro Henrique Ruwer

**EFEITO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUTIVIDADE DA  
SOJA**

Dissertação de Mestrado

Cruz Alta - RS, 2019

Pedro Henrique Ruwer

**EFEITO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUTIVIDADE DA  
SOJA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, da Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Rural.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

Cruz Alta - RS, novembro 2019

R983e

Ruwer, Pedro Henrique

Efeito de substâncias húmicas na produtividade da soja / Pedro Henrique Ruwer. – 2020.

41 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Cruz Alta / Unicruz, Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, Cruz Alta, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Agr. Jackson Ernani Fiorin.

1. Cultura da soja. I. Fiorin, Jackson Ernani. II. Título.

CDU 633.34

Catálogo Bibliotecária Eliane Catarina Reck da Rosa CRB-10/2404

Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural

## **EFEITO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Elaborado por

Pedro Henrique Ruwer

Como requisito parcial para obtenção do Título de  
Mestre em Desenvolvimento Rural

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin  
Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ

---

Prof. Dr. Maurício Paulo Pasini Batistella  
Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ

---

Profa. Dra. KellenMuller Souto  
Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ

Cruz Alta - RS, 28 de novembro de 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a minha família que sempre me apoiou incondicionalmente em todas as minhas decisões em toda minha vida, me dando segurança em todos os quesitos para seguir em frente.

Ao meu professor orientador Jackson Fiorin, que foi totalmente paciente e compreensivo seja nas orientações quanto nas disciplinas ministradas, uma honra participar de quaisquer tipo de discussões no âmbito profissional em que foi me proporcionado por vossa senhoria.

Ao(s) meu(s) Deus(es), por ter em quem depositar minha fé.

Aos meus colegas de trabalho que, por muitas vezes sem saber, fizeram o seu melhor me proporcionando segurança para seguir essa jornada.

A mim mesmo por nunca desistir e agora poder desfrutar de um momento único em minha vida sabendo de todas minhas dificuldades sejam elas quais fossem conseguisse chegar a esse nível.

À empresa Fertiláqua por compartilhar resultados e ao profissional Francisco Marostega pelos esforços em poder conseguir os mesmos.

## **RESUMO**

### **EFEITO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Autor: Pedro Henrique Ruwer

Orientador: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

O manejo da agricultura, independente da cultura conduzida, tem seguido cada vez mais critérios de redução no uso de defensivos agrícolas, diminuindo a possibilidade de causar impactos ambientais significativos e de propiciar danos à saúde do consumidor e do trabalhador rural. Além disso, as mudanças climáticas e as diversidades dos territórios cultiváveis têm estimulado o produtor a utilizar técnicas que controlem a produtividade da cultura em decorrência de algum tipo de estresse. Diante desta situação, diversas alternativas de cultivo podem ser adotadas para possibilitar uma agricultura menos impactante ao meio ambiente e mais eficiente em produtividade. As substâncias húmicas são compostos orgânicos oriundos da decomposição de resíduos vegetais e animais do ambiente, que podem ser utilizados como insumos alternativos para o manejo de diversas culturas. Suas propriedades químicas, microbiológicas e físicas podem garantir um incremento na produtividade em decorrência dos benefícios que promove para a estrutura física e química do solo e para o metabolismo da planta. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência agrônômica de um produto a base de substâncias húmicas cujo nome é Dimilom na dessecação pré plantio de soja na dose de cinco litros por hectare. Foi conduzido a campo experimento com a cultura da soja nos anos agrícolas de 2016/2017; 2017/2018; 2018/2019, em Cruz Alta, RS. Os tratamentos foram constituídos por: T1. (sem produto) e T2: Dimilom na dose de cinco litros por hectare. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 18 repetições. Houve resposta significativa pela utilização do produto a base de substâncias húmicas na produtividade de grãos de soja.

Palavras-chave: Matéria orgânica. Sustentabilidade. Solos.

## **ABSTRACT**

### **EFFECT OF HUMIC SUBSTANCES ON SOYBEAN YIELD**

Author: Pedro Henrique Ruwer

Advisor: Prof. Dr. Jackson Ernani Fiorin

Agricultural management, regardless of the crop, is increasingly following criteria for reducing the use of pesticides, reducing the possibility of causing significant environmental impacts and harm to the health of consumers and rural workers. In addition, climate change and the diversity of arable land have encouraged farmers to use techniques that control crop productivity due to stress. Given this situation, several cultivation alternatives can be adopted to enable a less environmentally friendly and more efficient agriculture. Humic substances are organic compounds derived from the decomposition of plant and animal waste from the environment, which can be used as alternative inputs for the management of various crops. Its chemical, microbiological and physical properties can guarantee an increase in productivity due to the benefits it promotes for the physical and chemical structure of the soil and for plant metabolism. In this sense, the objective of this study was to evaluate the agronomic efficiency of a product based on humic substances whose name is Dimilom in pre-planting desiccation of soybean at a dose of five liters per hectare. Field experiment was conducted with soybean crop in the 2016/2017 agricultural years; 2017/2018; 2018/2019, in Cruz Alta, RS. The treatments consisted of: T1. (without product) and T2: Dimilom at a dose of five liters per hectare. The experimental design was randomized blocks with 18 replications. There was a significant response by the use of the product based on humic substances in soybean grain yield and.

Keywords: Organic matter. Sustainability. Soils.

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1 - Inter-relação entre fatores químicos, físicos e biológicos com o desenvolvimento de raízes e o reservatório de água disponível para as plantas ..... 19
- Figura 2 - Precipitação pluvial diária e acumulada no período experimental da pesquisa com ácidos húmicos na cultura da soja safra 2016/2017 (A), 2017/2018 (B) e 2018/2019 (C). UNICRUZ, Cruz Alta, RS, 2019 ..... 22

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Produtividade de grãos, peso de cem sementes (PCS), número de vagens por planta (Vag./Pl.), número de grãos por planta (Grão/Pl.), número de vagens com $\geq 3$ grãos (Vag. $\geq 3$ ), número de grãos por vagem (Grão/Vag.) em resposta a utilização de substâncias húmicas na cultura da soja safra 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 e média de 4 safras. Cruz Alta, RS. 2019.....	29
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISAO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>A Cultura da Soja .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Exigência Nutricional na Cultura da Soja e ação de SH na absorção de nutrientes .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Matéria orgânica do solo (MOS) .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4</b>	<b>Substâncias Húmicas .....</b>	<b>16</b>
<b>2.5</b>	<b>Uso de tecnologias e manejo para diminuição de efeitos abióticos e alta produtividade.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Local e solo .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Tratamentos .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Instalação e Condução do Experimento.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Cultivo: soja 2016/2017 .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Cultivo: soja 2017/2018 .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Cultivo: soja 2018/2019 .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliações e Análise Estatística.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A eminente necessidade de se fazer aumentar a produção de alimentos e por esse motivo a produtividade de propriedades rurais, devido ao aumento expressivo da população mundial nos últimos anos, faz com que a demanda mundial cada vez mais globalizada, esteja a procura de commodities agrícolas no nosso país. No Brasil, a soja é a cultura que mais cresceu nas últimas três décadas e vem numerando crescentes de área plantada bem como produtividade obtida ano após ano.

Considerando o aumento da demanda por produtos agrícolas é imprescindível que o aumento da produtividade nos sistemas de produção ocorra de maneira sustentável sem que haja necessariamente um aumento de área. O aumento expressivo na produtividade está, em grande parte, associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores, tornando a agricultura nacional competitiva em nível mundial.

Dessa forma, gestão, manejo e a prática da fertilidade dos solos são fatores cruciais para o sucesso nos mais diversos sistemas de produção, e a produção de soja não é diferente, pois a soja é muito exigente, sendo de fundamental importância o estabelecimento do manejo da adubação para obtenção de altos rendimentos da cultura.

Devido a diversas características, no meio ambiente as substâncias húmicas podem desempenhar importante papel, como 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.

Apesar de muitos trabalhos demonstrarem os efeitos favoráveis do uso desses produtos, outros relatam que o uso agrícola das SHs comerciais não tem efeitos positivos sobre desenvolvimento das plantas, pois as aplicações dependem da origem do material, método de extração, concentração e composição do extrato húmico. Além disso, a espécie cultivada, o estágio de desenvolvimento e o ambiente de cultivo interferem no efeito das SHs.

Fazer qualquer diagnóstico, seja ele do ponto de vista técnico no manejo de qualquer cultura de produção econômica no Brasil requer visão sistêmica e certamente esforços de várias áreas, visto que os problemas são complexos, mas ao centro deve estar a discussão do que afeta o desenvolvimento e a sustentabilidade da agricultura brasileira. Numa economia global discutir políticas à produção de alimentos não é apenas questão econômica, deve

também haver preocupação a socioambiental, bem como à de considerar-se a segurança alimentar do país e também a segurança econômica que irá gerar, conseqüentemente segurança social em alguns aspectos. Visto isso nada mais palpável que discutir manejos que visam a possibilidade de elevar a produção nacional para contribuir nas transformações econômicas, tão necessárias ao desenvolvimento rural sustentável. Não se trata de abordar autossuficiência, mas alcançar patamar confortável de suprimento de demanda interna, aumento de exportações e otimização dos recursos envolvidos na produção do soja e essa é a principal justificativa deste estudo nessa dissertação no programa de mestrado em desenvolvimento rural da UNICRUZ.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de um produto a base de substâncias húmicas na produtividade da soja.

## **2 REVISAO DE LITERATURA**

### **2.1 A Cultura da Soja**

A soja faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. Observa-se que a soja tem sido o quarto grão mais consumido e produzido globalmente, atrás de milho, trigo e arroz, além de ser a principal oleaginosa cultivada anualmente no mundo. Adicionalmente, no período entre os anos agrícolas 2000/01 e 2013/14, a soja e o milho são as culturas que apresentaram os crescimentos absolutos mais expressivos, tanto em consumo quanto produção.

Aproximadamente 90% dos grãos consumidos são direcionados ao processo de esmagamento, que irá gerar farelo e óleo de soja, em uma proporção próxima a (80/20), sem considerar as perdas. Assim, o principal produto gerado nesse processo será o farelo de soja, que, junto com o milho, constituirá matéria-prima essencial para a fabricação de rações. Em outros termos, a demanda por soja em grão e seu principal produto derivado será dependente do mercado de carnes (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Nos últimos trinta anos o Brasil tornou-se o segundo maior produtor mundial de soja e o segundo maior exportador de soja e farelo de soja com uma participação de mais de 33% do mercado mundial (CAVALETT, 2008).

Originariamente, a soja é uma planta subtropical, mas, com o melhoramento genético, pode ser cultivada hoje até a latitude de 52° N. Na década de 20 do século passado, agricultores americanos iniciaram o cultivo da soja em larga escala, que era usada principalmente como um insumo para ração animal (CAVALETT, 2008).

No Brasil, o grão foi introduzido no estado do Rio Grande do Sul por volta de 1960 e até meados de 1970, cerca de 80% da produção nacional de soja concentrava-se na região Sul. Atualmente, seu cultivo avançou por todo Cerrado e chegou até a região Norte do país (CAVALETT, 2008).

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. O grão é componente essencial na fabricação de rações animais e com uso crescente na alimentação humana encontra-se em franco crescimento. Cultivada especialmente nas regiões Centro

Oeste e Sul do país, a soja se firmou como um dos produtos mais destacados da agricultura nacional e na balança comercial (BRASIL, 2018).

## **2.2 Exigência Nutricional na Cultura da Soja e ação de SH na absorção de nutrientes**

De acordo com Sfredo e Lantmann (2007), a maioria dos solos do Brasil onde se cultiva soja, ou aqueles que ainda serão incorporados aos processos produtivos com cultivo de culturas anuais, tem alguma deficiência de nutrientes ou desequilíbrio entre eles, que impedem as culturas como a soja, o milho e o trigo, de não render o máximo que seu potencial genético garantiria em condições de alta e equilibrada oferta de nutrientes no solo.

Veloso et al. (2007) comentam que “a absorção de nutrientes pela soja é influenciada por diversos fatores, entre eles as condições climáticas, como chuva e temperatura, as diferenças genéticas entre as variedades, o teor de nutrientes no solo e os diversos tratamentos culturais.”

O elemento mais requerido pela soja é o nitrogênio. Portanto, para uma produção de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, há a necessidade de 246 kg de nitrogênio, que são obtidos, em pequena parte, do solo (25% a 35%) e, na maior parte, pela fixação simbiótica do nitrogênio (65% a 85%). Por estes dados pode-se avaliar a importância de se fazer uma inoculação bem feita, com inoculante de boa qualidade, para ter eficiência na fixação simbiótica do nitrogênio do ar a custo zero, através das bactérias nos nódulos das raízes da soja.

Conforme Sales (2009), o enxofre, o cálcio e o magnésio são conhecidos como macronutrientes secundários. Embora, do ponto de vista da nutrição vegetal, nenhum nutriente possa ser considerado secundário, quantitativamente é assim que estes nutrientes são tratados. A falta destes elementos no solo pode levar a situações de deficiência, que precisam e podem ser evitadas. A mais grave entre os macronutrientes secundários é a do enxofre (RAIJ, 1991), principalmente porque cálcio e magnésio geralmente são adicionados ao solo em quantidades adequadas através da calagem.

O aumento da absorção de nutrientes proporcionado pela presença de substâncias húmicas em solução tem sido atribuído ao aumento da permeabilidade da membrana plasmática por meio da ação das substâncias húmicas e à ativação da H<sup>+</sup>-ATPase de membrana plasmática (CANELLAS; SANTOS, 2005). As H<sup>+</sup>-ATPases (bombas de H<sup>+</sup>) são enzimas transmembranares capazes de hidrolisar ATP, gerando energia e gradiente eletroquímico que está diretamente envolvido em dois mecanismos fundamentais para o desenvolvimento e crescimento vegetal: (a) energização de sistemas secundários de

translocação de íons fundamentais para a absorção de macro e micronutrientes, e (b) aumento da plasticidade da parede celular para possibilitar o processo de crescimento e divisão da célula vegetal (RODDA et al., 2006). Esse último mecanismo está relacionado com a “teoria do crescimento ácido”, que postula que o aumento da extrusão de prótons mediado pela H<sup>+</sup>-ATPase promove a acidificação do apoplasto, que, por sua vez, ativa enzimas específicas que atuam sobre a parede celular, aumentando sua plasticidade e, conseqüentemente, permitindo o alongamento da célula (Rayle; Cleland, 1992). Alguns autores obtiveram resultados positivos no crescimento de plantas (parte aérea e raízes) de aveia, azevém e alface, utilizando doses entre 10 e 25 mg L<sup>-1</sup> de C nas substâncias húmicas extraídas de solo, carvão e vermicomposto, respectivamente (RODDA et al., 2006). Testando humatos isolados de vermicomposto produzidos com esterco bovino e com mistura de bagaço de cana-de açúcar em plântulas de alface, Rodda et al. (2006) observaram desenvolvimento radicular significativamente superior ao do controle (sem humato). Esses autores verificaram que os humatos extraídos de esterco de curral e esterco de curral + bagaço de cana-de açúcar proporcionaram acréscimos de 180 e 190 % na área radicular, e de 150 e 140 % no comprimento total radicular, respectivamente, em relação ao controle. Além da influência das substâncias húmicas sobre a absorção de nutrientes, a quantidade absorvida também depende da área superficial de raízes.

### **2.3 Matéria orgânica do solo (MOS)**

A MOS pode ser vista com um arranjo complexo de substâncias, que o funcionalismo é ditado pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos. Segundo Stevenson (1984), a Matéria orgânica do solo pode ser dividida em duas partes: matéria orgânica viva e não viva. A matéria orgânica viva constitui cerca de 5% do COS, e pode ser subdividida em três frações: raízes de plantas (5- 10%), macrofauna do solo (15-30%) e microrganismos do solo (60-80%). Desse jeito, a MO não viva constitui cerca de 95% do COS (Carbono orgânico solúvel), e pode ser subdividida em matéria orgânica leve, compostos orgânicos dissolvidos e a matéria orgânica estabilizada no solo (húmus). A matéria orgânica leve ou particulada (MOP) representa 10-30% do carbono orgânico total do solo e corresponde ao material orgânico recentemente adicionado ao solo, em estágios variados iniciais de decomposição e com tamanho de partícula maior que 53 µm (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992). Essa fração é de fácil decomposição e pode ser considerada uma boa indicadora das mudanças no solo e manejo de resíduos. Num contexto mais amplo, esse conceito pode eventualmente abranger a

biomassa total do solo, incluindo a meso e macrofauna do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002). O carbono solúvel em água (CSA) é uma forma lábil facilmente perdida por lixiviação e ataque microbiano, e têm em sua constituição carboidratos, aminoácidos, proteínas, sideróforos, ácidos orgânicos de baixo peso molecular e uma pequena fração de ácidos fúlvicos (STEVENSON, 1994). Pesquisadores tem demonstrado que esta fração possui grande sensibilidade em função do manejo do solo e qualidade do resíduo orgânico aportado ao solo (PORTUGAL et al., 2008). A fração que resta após a separação da matéria orgânica leve é chamada de húmus, compartimento que inclui as substâncias húmicas e não-húmicas. As substâncias não húmicas representam 10-15% do COT dos solos minerais. São grupos de compostos orgânicos bem definidos, como carboidratos, lignina, lipídios, ácidos orgânicos, polifenóis, ácidos nucleicos, pigmentos e proteínas. As substâncias húmicas contribuem com cerca de 85-90% da reserva total do CO dos solos minerais e representa o principal compartimento da matéria orgânica do solo, constituindo a grande reserva orgânica do solo.

A transformação de sistemas naturais de vegetação para sistemas de produção agrícolas engloba várias de atividades que no final do processo, ou até no andamento do processo afetam as quantidades e taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (ZINN; LAL; RESCK, 2005). Em sistemas naturais, os fatores de formação do solo são os determinantes primários dos processos de ciclagem de C, uma vez que exercem influência sobre o aporte de resíduos e sobre as saídas de C do solo (STEVENSON, 1994). Nos sistemas de produção agrícolas e de criação animal, o uso e o manejo do fazem com que entradas e saídas de C sejam modificadas de maneira até mesmo drasticamente diferenciada de um sistema natural, pois os resíduos vegetais são diferentes, intensa produção de culturas para fins comerciais ano após ano, conseqüentemente as espécies que vivem ali no microsistema em si são totalmente diferentes, requer nutrição externa, dos procedimentos de colheita, dos métodos físicos de intensidade adotados, como manejos de maquinários e manejos com restos vegetais (LAL; BRUCE, 1999).

Quando a transformação de ecossistemas considerados preservados a tempos que podem ser considerados naturais e esses são modificados pelo homem a fim de serem explorados e considerados agro ecossistemas pode acontecer perdas da ordem de 50 % nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e de até 20 % na profundidade de um metro (ESTADOS UNIDOS, 1999). Em regiões tropicais com intensa interperização por causa da mudança de temperatura e alta umidade e conseqüentemente número demasiado de chuvas e intensa atividade microbiana propiciam a rápida decomposição dos materiais orgânicos depositados no solo (SILVA; MACHADO, 2000; MIELNICZUK et al., 2003). Segundo Zinn,

Lal e Resck (2005), a diferença desses teores de MO é devido a entrada de maquinários e intervenções no solo para preparação de cultivos que afetam a ordem física do solo, que implicam rompimento dos macroagregados (reduz a proteção física da MOS), expondo a MO protegida aos processos microbianos, contribuindo, dessa forma, para aumentar as taxas de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

A matéria orgânica do solo (MOS) constitui o maior estoque de carbono (C) do solo. A reserva de carbono orgânico do solo pode ser alterada com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema agrícola instalado, sendo um dos atributos mais sensíveis às transformações desencadeadas pelo manejo. Práticas de manejo inadequadas podem levar a um rápido declínio do estoque de carbono orgânico do solo, contribuindo para o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) à atmosfera (FREIXO et al., 2002). Por outro lado, sistemas de manejo que aumentem a adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo representam alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO<sub>2</sub> atmosférico e mitigação do aquecimento global (AMADO et al., 2001; BAYER et al., 2006; CARNEIRO et al., 2009).

A estabilidade da estrutura do solo pode variar em função do tempo através de processos físicos relacionados com o clima, com desenvolvimento e crescimento de plantas e raízes, de acordo com a preparação e a maneira que se trabalha para o preparo do solo (plantio direto, plantio convencional) e tráfego de máquinas agrícolas, com os quais novos arranjos são criados ou alguns existentes são enfraquecidos dependendo das distribuições de macro e micro agregados (KAY, 1990). A variação das propriedades estruturais do solo constitui fator importante na suscetibilidade do solo à erosão e deve estar relacionada com outras propriedades do ambiente agrícola (ELLSWORTH et al., 1991).

A MOS através dela expressa qualidade do solo, porque tem muitas interações com os componentes de todo o solo. Em aspectos químicos, a matéria orgânica interage com o solo afetando a CTC pela geração de cargas do material orgânico humificado, aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas, além de afetar no pH, poder tampão, sorção de pesticidas e outros agroquímicos. A interação com as propriedades físicas do solo ocorre, sobretudo, pela contribuição na formação e estabilidade dos agregados do solo (BRONICK; LAL, 2005), além de afetar a densidade do solo, infiltração de água e aeração, propriedades que podem sofrer alterações e ocasionar mudanças na estabilidade de estrutura do solo com a mudança do uso da terra (TOBIASOVÁ, 2010). Sob o aspecto biológico, a biomassa microbiana (BM) representa cerca de 1 a 4% da MO. Estes microrganismos são sensivelmente

influenciados pelas alterações ambientais e pelo manejo do solo, e estão relacionados com a ciclagem de nutrientes (MARCHIORI; MELO, 1999).

Práticas nos sistemas de produção agrícola e por conseqüentemente no solo e da rotação de culturas provocam alterações nas propriedades do solo, principalmente na sua estrutura, que pode ser temporária e voltar ao seu estado normal ou ainda essas mudanças se tornarem permanentes. O estudo da matéria orgânica, em seus diversos compartimentos, bem como sua relação com o manejo, visa desenvolver estratégias para uma utilização sustentável dos solos, com vistas em reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente.

## **2.4 Substâncias Húmicas**

As substâncias húmicas e produtos a base de ácidos fúlvicos e húmicos são compostos orgânicos resultantes das interações e composições de resíduos vegetais e animais dos sistemas de produção, que podem ser utilizados como insumos alternativos para o manejo de diversas culturas. Suas propriedades químicas, microbiológicas e físicas têm características que podem fornecer um incremento na produtividade em decorrência dos benefícios que promove para a estrutura física e química do solo e para o metabolismo da planta. As substâncias húmicas constituem o compartimento da matéria orgânica de maior reatividade, por isso encontram-se envolvidas na maioria das reações químicas do solo. No entanto, ainda há pouca informação sobre os efeitos das plantas utilizadas como cobertura sobre as frações húmicas da matéria orgânica do solo. As substâncias húmicas são compostos poliméricos heterogêneos. Genericamente é uma mistura de lipídios, proteínas, carboidratos e compostos fenólicos que fornecem grande quantidade de grupos funcionais em suas estruturas, passíveis às interações que beneficiem processos de biodisponibilidade de nutrientes para o ambiente (STEHLICKOVA et al., 2009).

As Substâncias húmicas fazem parte da MO e dos sedimentos que podem melhorar as propriedades do solo e o metabolismo vegetal. As substâncias húmicas e fúlvicos são os compostos mais importantes das frações húmicas, com relação à reatividade dos compostos e ocorrência nos agroecossistemas.

Desde meados de 1910 já se conhecia a propriedade dos AH de estimular o crescimento de plântulas e no estágio vegetativo quando usados em concentrações relativamente pequenas (BOTTOMLEY, 1917). Vários estudos têm sido propostos para explicar como as SH podem induzir o crescimento radicular. Os que mais tendem a se confirmar 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 (CESCO et al., 2002); também se refere a explicação de que a ação surfactante das SH poderia levar ao aumento da permeabilidade das membranas biológicas (VISSER, 1987) e assim ao aumento da absorção de íons. Se por um lado o aumento da permeabilidade das membranas aumenta a entrada de íons, por outro facilita a saída já que o referido aumento não é seletivo. Além disso, são vários os experimentos com ação fisiológica de SH (VAUGHAN; MALCOLM, 1985; NARDI et al., 2009) nos quais são usados meios sem a presença de nutrientes. Os resultados das SH sobre a fisiologia e metabolismo de plantas e vegetais de um modo geral se destacam como resultado da promoção do crescimento radicular (VAUGHAN; MALCON, 1985; CHEN; AVIAD, 1990; NARDI et al., 2002). Como consequência isso tem faz com que a planta explore um volume maior de solo, além de representar um processo importante na adaptação das plantas a ambientes com baixo conteúdo de nutrientes disponíveis ou submetidos a estresse hídrico (FITTER; STICKLAND, 1991).

Na literatura alguns autores destacam que as substâncias húmicas aumentam o poder de movimento e absorção de íons, aumentam também a respiração e as velocidades das reações enzimáticas do ciclo de Krebs, promovem alta produção de ATP nas células radiculares, aumento nos níveis de clorofila e na síntese de ácidos nucleicos. (ARANCON et al., 2008).

As substâncias húmicas e fúlvicos fazem parte da composição orgânica do solo (húmus) e os condicionadores do solo tendem a simular esta composição, através de produtos comercializados que são aplicados. (CANELLAS et al., 2005). O emprego agrícola de produtos à base de substâncias húmicas como fertilizantes orgânicos, condicionadores de solo e estimuladores fisiológicos tem crescido bastante nas últimas décadas em todo o mundo e, mais recentemente, no Brasil. Existe hoje no mercado nacional uma série de produtos que contêm substâncias húmicas, extraídos de depósitos minerais (leonardita, lignita, etc), solos orgânicos (turfeiras) ou obtidos por humificação de resíduos vegetais (BENITES, 2006).

Além de fornecer nutrientes para as plantas através da mineralização, as SH podem estimular diretamente o crescimento e a produtividade das plantas. Os efeitos das SH sobre o desenvolvimento vegetal são dependentes da fonte de obtenção, das doses utilizadas e da espécie da planta estudada (VAUGHAN; MALCOLM, 1985). Nannipieri et al. (1993) resumiram os efeitos fisiológicos das SH como influência positiva sobre o transporte de íons facilitando a absorção, do aumento da respiração e da velocidade das reações enzimáticas do ciclo de Krebs resultando em maior produção de ATP, do aumento no conteúdo de clorofila,

do aumento na velocidade e síntese de ácidos nucléicos, do efeito seletivo sobre a síntese protéica e do aumento ou inibição da atividade de diversas enzimas.

Já em relação às interferências no metabolismo das plantas, devido à sua alta capacidade de troca catiônica, possuem a propriedade de complexar e, com isso, disponibilizar cátions às plantas, principalmente micronutrientes. Estas interferências não só estão relacionadas com os nutrientes que estas substâncias fornecem para as plantas, como também devido ao estímulo direto no desenvolvimento e no metabolismo destas plantas. Existem alguns estudos que demonstram os efeitos positivos na germinação de sementes, no crescimento inicial das raízes, na biomassa da planta e no auxílio na defesa da planta contra estresses (CARON; GRAÇAS; CASTRO, 2015).

As substâncias húmicas atuam na toxicidade das plantas, promovidos pela ação de pesticidas, fertilizantes e esterco não-curtido. Isso se deve por que existe uma presença de uma rede de cargas negativas na sua estrutura, e reagem com compostos orgânicos que contém nitrogênio, que é o caso de muitos produtos aplicados nas lavouras, sejam eles para a proteção de plantas, seja eles para a nutrição das mesmas. Este tipo de interação é complexo, porém permite que herbicidas do grupo dos íons dipiridilos degradem e suas moléculas fiquem muito menos agressivas ao ambiente do solo quando aplicados junto com as substâncias húmicas (SEQUI, 1986).

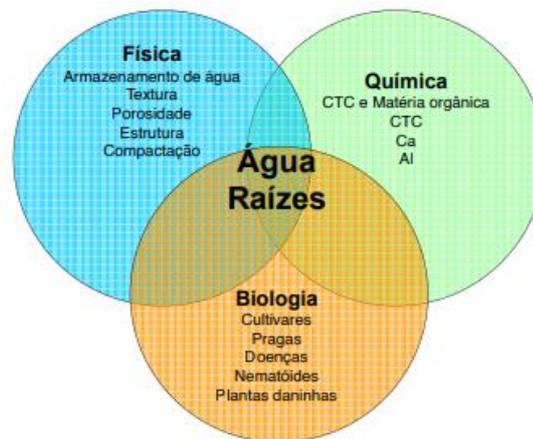
Em *Vicia faba*, a aplicação de ácido húmico suprimiu os efeitos tóxicos do alumínio sobre o crescimento das raízes laterais e principais e ao mesmo tempo permitiu uma maior absorção de nutrientes (BÜYÜKKESKIN; AKINCI; EROGLU, 2015). Para o caso do alumínio isto possui importância, uma vez que o sintoma clássico é a inibição do crescimento radicular (SAMAC; TESFAYE, 2003). Tendo em vista que quase 50 % dos solos aráveis são ácidos (VON UEXKÜLL; MUTERT, 1995) e localizados principalmente nos países em desenvolvimento, deve-se considerar a aplicação de substâncias húmicas associada a tradicional calagem. Há carência da realização de estudos mais detalhados para fins de entendimento dos efeitos, assim como sobre as doses de aplicações para os cultivos.

## **2.5 Uso de tecnologias e manejo para diminuição de efeitos abióticos e alta produtividade**

Sob o ponto de vista do manejo do solo, qualquer estratégia que vise minimizar as perdas de produtividade da soja relacionadas à seca deve atender aos seguintes requisitos: aumentar o volume de água armazenada no solo disponível às plantas, através da redução das perdas de água que ocorrem por evaporação e do aumento na capacidade de infiltração de água no solo e também proporcionar condições adequadas às plantas para que elas possam desenvolver raízes profundas, de forma que o reservatório de água não fique limitado à

camada superficial do solo (0-20 cm). O diagrama da Figura 2 resume as interações existentes entre fatores químicos, físicos e biológicos que podem resultar na restrição ao desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, no reservatório de água para as plantas.

Figura 1 - Inter-relação entre fatores químicos, físicos e biológicos com o desenvolvimento de raízes e o reservatório de água disponível para as plantas



Além de boas práticas culturais como, por exemplo, adoção de sistema de plantio direto; correção do perfil do solo; ajuste da adubação para o potencial produtivo esperado; utilização de cultivares altamente produtivos adaptadas e com estabilidade de produção, bem como resistentes ou pelo menos tolerantes a algumas pragas e doenças; arranjo espacial de plantas; controle de plantas daninhas, pragas e doenças. No caso de pragas com o MIP, manejo integrado de pragas e por fim o zelo do produtor na condução da lavoura desde a semeadura até a colheita, precisamos usar de tecnologias (muitas vezes sustentáveis, do ponto de vista técnico e econômico), para se conseguir diminuir efeitos que fazem com que limitem a produtividade, podendo-se dar exemplo produtos que simulem alguns efeitos benéficos de ordem natural e SH são importantes para o equilíbrio do solo, visto que apresentam boa retenção de água, aumentando a solubilidade e a dispersão de nutrientes para as plantas, com isso, a ação dos minerais contidos no meio potencializa a capacidade de troca catiônica (CTC) pelos colóides. Tudo isto diminui a lixiviação e lavagem dos nutrientes do solo, fazendo ser mais barata a aplicação de fertilizantes organomineirais por diminuir perda do composto. Diversos estudos apontam que elas beneficiam o crescimento de raízes e folhas, estimulam a germinação das sementes de algumas culturas (PICCOLO et al., 1993), incitam a absorção de nutrientes (DELL'AGNOLA; NARDI, 1987; PICCOLO et al., 1993), a permeabilidade celular (VAUGHAN; ORD, 1982) e parecem regular mecanismos envolvidos no crescimento

das plantas (LEE; BARTLETT, 1976). O desenvolvimento desta tecnologia e produtos feitos a base dos mesmos poderá promover a otimização no uso de fertilizantes no país e a viabilização de novas fontes de nutrientes, reduzindo a dependência de importações e o impacto ambiental negativo dos fertilizantes e resíduos orgânicos. A associação dos elementos de origem mineral e orgânica permite o uso de formulações menos concentradas que reduz o uso de recursos naturais e importação de matéria-prima para a produção de fertilizantes minerais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e solo

O trabalho foi conduzido nos anos agrícolas de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019 em área experimental da CCGL, situado na RS 342, km 149, município de Cruz Alta, RS. O clima dominante é do tipo Cfa1 da Classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 18°C e a precipitação normal é de 1700 mm, apresentando períodos de deficiência hídrica durante o verão. A precipitação pluvial diária e acumulada durante o período experimental é apresentada na Figura 1.

A área experimental vinha sendo manejada no sistema plantio direto por 24 anos. No inverno de 2016 a área tinha sido utilizada com trigo. Na sequência foi utilizada por três anos agrícolas com a cultura da soja no verão e aveia preta, como cobertura do solo, no inverno.

O solo do local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico com textura argilosa (EMBRAPA, 2018), pertencente à Unidade de Mapeamento de Passo Fundo (BRASIL, 1973). As características químicas, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, para a caracterização da condição inicial da área experimental são: Argila 52%, pH H<sub>2</sub>O 5,4, Índice SMP 6,0, Matéria Orgânica 2,8%, Fósforo 18,6 mg dm<sup>-3</sup>, Potássio 214 mg dm<sup>-3</sup>, Alumínio 0,1 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, Cálcio 5,2 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, Magnésio 2,5 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, Enxofre 11,4 mg dm<sup>-3</sup>, Zinco 1,4 mg dm<sup>-3</sup>, Cobre 3,6 mg dm<sup>-3</sup>, Manganês 62 mg dm<sup>-3</sup> e Boro 0,4 mg dm<sup>-3</sup>.

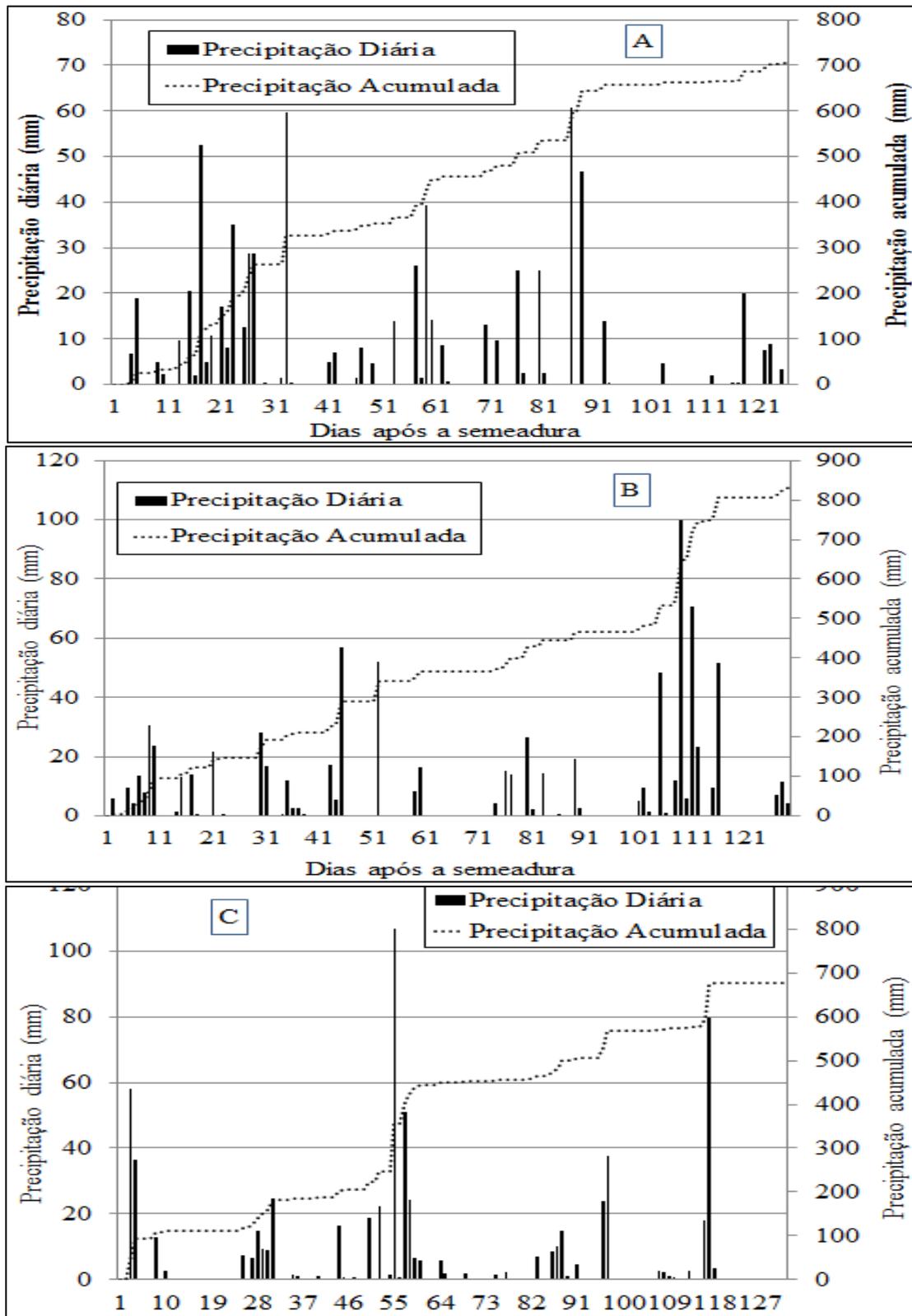
#### 3.2 Tratamentos

Os tratamentos utilizados na pesquisa são descritos abaixo:

- a) testemunha (sem utilização de substâncias húmicas);
- b) com substâncias húmicas (na dessecação pré-semeadura da cultura da soja).

**Aplicação dos Tratamentos:** o produto a base de substâncias húmicas foi utilizadas na dose de 5,0 L há<sup>-1</sup>, aplicado através de pulverização sobre a superfície do solo somente por ocasião da pré-semeadura da soja. Foi aplicado nos três anos agrícolas, utilizando-se equipamento de aplicação apropriado com volume de calda de aproximadamente 100 L ha<sup>-1</sup>, sem o uso de adjuvante.

Figura 2 - Precipitação pluvial diária e acumulada no período experimental da pesquisa com substâncias húmicas na cultura da soja safra 2016/2017 (A), 2017/2018 (B) e 2018/2019 (C). UNICRUZ, Cruz Alta, RS, 2019



Fonte: UNICRUZ (2019).

### 3.3 Instalação e Condução do Experimento

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 18 repetições. As parcelas foram constituídas de 5 fileiras de 7,0m e espaçamento de 45 cm entre fileiras (15,75 m<sup>2</sup>).

#### 3.3.1 Cultivo: soja 2016/2017

Imediatamente antes da semeadura da soja, a área foi dessecada utilizando-se o herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a.ha<sup>-1</sup> (3,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial). A semeadura da soja foi realizada no sistema plantio direto em 15 de dezembro de 2016. Utilizou-se a cultivar NIDERA 5959 IPRO, com densidade de 25 sementes por metro quadrado. Utilizou-se inoculante líquido, 1 dose de 100 mL por 40 kg de semente, de forma igual em todos os tratamentos. Na adubação foram utilizados 150 kg ha<sup>-1</sup> de Mono Amônio Fosfato (MAP: 11-52-00) na linha de semeadura e 150 kg ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio (KCl: 00-00-60) à lanço em superfície imediatamente após a semeadura. Para o tratamento de sementes com inseticida e fungicida, utilizou-se Standack Top (Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil) na dose de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> semente.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 22 e 40 dias após a semeadura, utilizando-se o herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a.ha<sup>-1</sup> (3,0 l ha<sup>-1</sup> do produto Roundup Original). No controle de pragas foram utilizadas 1, 1 e 2 aplicações dos inseticidas Galil 300 SC (Imidacloprido + Bifenthrina); Premio (Clorantraniliprol) e Cipermetrina (Cipermetrina) + Perito (Acefato), nas doses de 0,3; 0,1 e 0,25+1,0 L ou kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O controle de doenças na parte aérea foi realizado utilizando-se 04 aplicações na sequência dos fungicidas, Fox (Trifloxistrobina+Protioconazol) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Aureo (0,25 L ha<sup>-1</sup>); Elatus (Azoxistrobina + Benzovindiflupyr) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Nimbus (0,6 L ha<sup>-1</sup>); Elatus (Azoxistrobina + Benzovindiflupyr) + Nimbus (0,6 L ha<sup>-1</sup>); Priori Xtra (Ciproconazol + Azoxistrobina) + Nimbus (0,6 L ha<sup>-1</sup>); nas doses de 400mL+1,5 kg; 0,2kg+1,5 kg; 0,2kg e 350mL dos produtos comerciais, respectivamente.

### 3.3.2 Cultivo: soja 2017/2018

No período de inverno 2017 foi utilizada a cultura de aveia preta como cultura de cobertura do solo. A área foi dessecada utilizando-se do herbicida Glyphosate (3,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial) imediatamente antes da semeadura da cultura da soja.

A semeadura da soja foi realizada no sistema plantio direto em 30 de novembro de 2017. Utilizou-se a cultivar NS 5959 IPRO, com densidade de 28 sementes por metro quadrado. Utilizou-se inoculante líquido, 1 dose de 100 mL por 40 kg de semente, de forma igual em todos os tratamentos. Em todos os tratamentos foram aplicados a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de Mono Amônio Fosfato (MAP: 11-52-00) na linha por ocasião da semeadura da cultura da soja. Para o tratamento de sementes com inseticida e fungicida, utilizou-se Standack Top (Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil) na dose de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> semente.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 24 dias após a semeadura, utilizando-se o herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a.ha<sup>-1</sup> (3,0 l ha<sup>-1</sup> do produto Roundup Original). No controle de pragas foram utilizadas 1,1 e 2 aplicações dos inseticidas Galil 300 SC (Imidacloprido + Bifenthrina); Premio (Clorantraniliprol) e Cipermetrina (Cipermetrina) + Perito (Acefato), nas doses de 0,3; 0,1 e 0,25+1,0 L ou kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O controle de doenças na parte aérea foi realizado utilizando-se 04 aplicações na sequência dos fungicidas Ativum (Piraclostrobina + Epoxiconazol + Fluxapiroxade) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Assist (0,6 L ha<sup>-1</sup>); Fox (Trifloxistrobina+Protioconazol) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Aureo (0,25 L ha<sup>-1</sup>); Ativum (Piraclostrobina+Epoxiconazol+Fluxapiroxade) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Assist (0,6 L ha<sup>-1</sup>); Ativum (Piraclostrobina+Epoxiconazol+Fluxapiroxade) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Assist (0,6 L ha<sup>-1</sup>); nas doses de 0,8L + 1,5 kg; 0,4L + 1,5 kg; 0,8L + 1,5 kg; 0,8L + 1,5 kg, dos produtos comerciais, respectivamente.

### 3.3.3 Cultivo: soja 2018/2019

No período de inverno 2017 foi utilizada a cultura de aveia preta como cultura de cobertura do solo. A área foi dessecada utilizando-se o herbicida Glyphosate (3,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial) imediatamente antes da semeadura da cultura da soja.

A semeadura da soja foi realizada no sistema plantio direto em 21 de novembro de 2018. Utilizou-se a cultivar NS 5959 IPRO, com densidade de 28 sementes por metro quadrado. Utilizou-se inoculante líquido a base de *Bradyrhizobium japonicum*, 1 dose de 100 mL por 40 kg de semente, de forma igual em todos os tratamentos. Em todos os tratamentos

foram aplicados a dose de 280 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 07-34-12 na linha de semeadura e 120 kg ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio (KCl: 00-00-60) a lançar em superfície imediatamente após a semeadura da cultura da soja. Para o tratamento de sementes com inseticida e fungicida, utilizou-se Standack Top (Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil) na dose de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> semente.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 33 dias após a semeadura, utilizando-se o herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a.ha<sup>-1</sup> (3,0 l ha<sup>-1</sup> do produto Roundup Original). No controle de pragas foram utilizadas três aplicações do inseticida Galil 300 SC (Imidacloprido + Bifenthrina) e uma aplicação do inseticida Perito (Acefato), nas doses de 0,3 L ha<sup>-1</sup> e 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O controle de doenças na parte aérea foi realizado utilizando-se 05 aplicações na sequência dos fungicidas Approach Prima (Ciproconazol + Picoxistrobina) + Carbendazim Nortox (Carbendazim) + Nimbus (0,5 L ha<sup>-1</sup>), Fox Xpro (Bixafem + Protioconazol + Trifloxistrobina) + Approve (Tiofanato Metílico + Fluazinam) + Aureo (0,25 L ha<sup>-1</sup>); Ativum (Piraclostrobina + Epoxiconazol + Fluxapiroxade) + Unizeb Gold (Mancozebe) + Assist (0,6 L ha<sup>-1</sup>); Cronnos (Picoxistrobina + Tebuconazol+Mancozebe) + Rumba (0,5 L ha<sup>-1</sup>); Sphere Max (Trifloxistrobina + Ciproconazol) + Versatilis (Fenpropimorfe) + Aureo (0,25 L ha<sup>-1</sup>); nas doses de 0,4L + 1,5L; 0,5L + 1,0L; 0,8L + 1,5 kg; 2,25L; 0,2L + 0,3L dos produtos comerciais, respectivamente.

Na aplicação dos produtos fitossanitários via foliar foi utilizado pulverizador costal, com um volume de calda de 100 L ha<sup>-1</sup>. Os demais tratamentos culturais foram realizados segundo as Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2016/2017 e 2017/2018 (REUNIÃO..., 2016), respeitando as condições descritas nos tratamentos.

### **3.4 Avaliações e Análise Estatística**

A produtividade de grãos de soja foi avaliada na maturação de colheita, colhendo-se uma área útil de 3 linhas de 5 metros de comprimento (6,75 m<sup>2</sup>), expressando os resultados em kg ha<sup>-1</sup> a 13% de umidade. Foram avaliados o número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de vagens com ≥ 3 grãos e número de grãos por vagem, utilizando-se de 10 plantas representativas por parcela. Amostras de sementes de cada parcela colhida foram submetidas à análise do peso de 100 sementes, seguindo metodologia específica (BRASIL, 2009).

Os resultados foram submetidos à análise da variância e quando os valores de F apresentaram significância ao nível de 5 % de probabilidade, aplicou-se o Teste de Duncan ( $p < 0,05$ ), usando o pacote estatístico SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados de produtividade de grãos, peso de cem sementes, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de vagens com  $\geq 3$  grãos, número de grãos por vagem em resposta a utilização de substâncias húmicas na cultura da soja safra 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 e média de 4 safras são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Produtividade de grãos, peso de cem sementes (PCS), número de vagens por planta (Vag./Pl.), número de grãos por planta (Grão/Pl.), número de vagens com  $\geq 3$  grãos (Vag. $\geq 3$ ), número de grãos por vagem (Grão/Vag.) em resposta a utilização de substâncias húmicas na cultura da soja safra 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 e média de 4 safras. Cruz Alta, RS. 2019

Tratamentos	Produtividade		PCS	Número de			
	kg ha <sup>-1</sup>	%	G	Vag./Pl.	Nº Gr/Pl	Vag. $\geq 3$	Grão/Vag
..... safra 2016/2017 .....							
1. Testemunha (sem aplicação)	4236,8 b	100,0	16,8	51,6 b	124,1 b	27,0 b	2,41
2. DimiLOM na Dessecação	4325,2 a	102,1	16,7	54,9 a	132,5 a	28,9 a	2,41
Média	4281,0		16,7	53,2	128,3	27,9	2,41
F Tratamento	8,24 *		0,33 ns	14,58 *	16,48 *	9,40 *	0,16 ns
Coeficiente de Variação (%)	2,16		2,41	4,90	4,86	6,58	1,89
..... safra 2017/2018 .....							
1. Testemunha (sem aplicação)	4321,0 b	100,0	17,5	53,0	129,9	27,0	2,45
2. DimiLOM na Dessecação	4492,3 a	104,0	17,6	55,9	137,1	28,6	2,45
Média	4406,6		17,6	54,4	133,5	27,8	2,45
F Tratamento	27,92 *		1,88 ns	3,30 ns	3,41 ns	3,44 ns	0,04 ns
Coeficiente de Variação (%)	2,21		1,66	8,62	8,68	9,39	1,39
..... safra 2018/2019 .....							
1. Testemunha (sem aplicação)	4959,6	100,0	16,5	59,8	140,3	25,5	2,35
2. DimiLOM na Dessecação	5180,7	104,5	16,8	61,9	144,6	26,1	2,34
Média	5070,1		16,6	60,8	142,5	25,8	2,34
F Tratamento	44,66 *		3,80 ns	1,23 ns	0,94 ns	0,33 ns	0,26 ns
Coeficiente de Variação (%)	1,96		2,16	9,41	9,36	12,19	2,09
..... Média de 3 safras .....							
1. Testemunha (sem aplicação)	4505,8 b	100,0	16,9 b	54,8 b	131,5 b	26,5 b	2,40
2. DimiLOM na Dessecação	4666,1 a	103,6	17,0 a	57,5 a	138,1 a	27,8 a	2,40
Média	4585,9		17,0	56,2	134,8	27,2	2,40
F Tratamento	84,35 *		9,23 *	10,15 *	10,84 *	8,38 *	0,03 ns
Coeficiente de Variação (%)	1,14		0,61	4,63	4,46	5,21	0,75

Fonte: CCGL (2019).

A produtividade média de grãos ao longo das três safras de soja nas aplicações do produto a base de substâncias húmicas foi de 4666,1 kg ha<sup>-1</sup>, considerada ótima para as condições do ano agrícola. Observa-se que houve efeito significativo dos tratamentos na produtividade de grãos de soja, tendo um incremento na produtividade na ordem de 3,6 %, ou 160 quilogramas de soja a mais do que no tratamento que não foi aplicado nenhum produto nas dessecações ao longo dos três anos. O menor incremento na produtividade ocorreu no primeiro ano de experimento, que foi na ordem de 2,1% ou 88,4 quilogramas em relação a testemunha, já no segundo ano ocorreu um incremento de 4% em relação a testemunha do mesmo ano (safra 17/18), ou um aumento de 171,3 quilogramas, e o maior incremento ocorrido comparando as safras em separado ocorreu no último ano do experimento (18/19), onde se teve um incremento de 4,5% em relação a testemunha, ou então 221,1 quilogramas. A medida dos anos que vai se aplicando o produto, provavelmente as ações de descompactação, fornecimento de nutrientes que antes estavam na forma não lábil e melhor desenvolvimento radicular vão contribuindo para obtenção de componentes de produtividade superiores a testemunha. Ao longo dos anos nota-se que a produtividade da testemunha também vai aumentando e isso leva a crer que o produto estudado tem estabilidade de agregar produtividade, pois de acordo com o número de repetições utilizados e três anos seguidos, pode-se ter confiabilidade estatística e diferentes condições pluviométricas e climáticas e em todos os anos, se teve diferença estatística de forma positiva. De forma semelhante, várias experiências de campo vêm demonstrando os benefícios do uso das substâncias húmicas na agricultura intensiva (BORSARI, 2013). Os estudos com substâncias húmicas na agricultura induzem a acreditar que estes ácidos aumentam a absorção de nutrientes, melhoram a estrutura do solo, com efeitos diretos na produção, produtividade e qualidade de diversos cultivos. Para Primo et al. (2011), a utilização do material húmico, em baixas concentrações de C-ácido húmico (0,07-4,3 mg L<sup>-1</sup>), promoveram aumento na produção de matéria seca de raiz, caule, folha e total. Os autores mencionam que as substâncias húmicas exercem influência nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, no crescimento das plantas. Segundo Prado (2014, p. 45), estudando produtividade em soja com diferentes níveis de estresse hídrico e diferentes doses de SH, tanto na condição com e sem estresse hídrico, a produtividade da soja aumentou até a dose entre “5 e 6 mL dm<sup>-3</sup> de fertilizante organomineral e, a partir de então houve declínio da mesma”. De maneira geral, as doses mais elevadas afetaram negativamente a produtividade de grãos, provavelmente pela modificação do pH do solo, condutividade hidráulica, adsorção e concentração de nutrientes na solução do solo. Além da produtividade, as maiores doses do produto inibiram os demais parâmetros

biométricos avaliados, indicando que o uso de SHs em doses elevadas podem prejudicar o desenvolvimento das plantas, cabendo testar doses abaixo de 1 mL dm<sup>-3</sup> de fertilizante organomineral. Ayuso et al. (1998) atribuíram a queda no rendimento da cevada, em concentrações elevadas de SHs, à formação de complexos organometálicos de alta massa molar, o que resultou na diminuição da concentração de micronutrientes em solução nutritiva, dificultando sua absorção pela planta. Entre os poucos trabalhos realizados com soja no Brasil, Benites et al. (2006) obtiveram aumento médio de 17% na produtividade de grãos. Os melhores resultados foram obtidos aplicando-se 100 miligramas por hectare de C via foliar. Referente a época de aplicação, não houve diferença entre as aplicações em V4, V7 e prefloração. Em outro estudo, Spigarelli et al. (2004) obtiveram respostas na produtividade de tomate, aplicando doses de 200 mg kg<sup>-1</sup> de C via solo. Por outro lado, Hartz e Bottoms (2010) testaram cinco formulações comerciais de produtos à base SHs e concluíram que os produtos aplicados na dose recomendada pelos fabricantes, via solo, não aumentaram a produtividade do tomateiro. Do mesmo modo, Yuri et al. (2004) não encontraram respostas positivas no desenvolvimento da planta de alface. Chen et al. (2004) ao revisarem o assunto concluíram que a concentração requerida de SHs para estimular o crescimento e a produtividade das plantas estão na faixa 50 kg ha<sup>-1</sup> de C, ou seja, muita acima da média comumente recomendadas comercialmente (5 kg ha<sup>-1</sup> de C). Chen e Aviad (1990) citam que a faixa de concentração de substâncias húmicas capazes de promoverem efeitos benéficos em plantas cultivadas em ambiente controlado varia de 0 a 500 mg L<sup>-1</sup>. Os mesmos autores mencionam que o solo é um ambiente muito complexo e, portanto, os estudos dos efeitos das substâncias húmicas, geralmente são conduzidos em solução nutritiva ou aplicação via foliar. A literatura mostra que plantas de trigo sob condições de seca submetidas a aplicação de ácidos fúlvicos reduziram a condutância estomática, no sentido de evitar a perda de água, resultando em maior conteúdo relativo de água, potencial da água e conteúdo de clorofila (XUDAN, 1986). A aplicação de ácidos fúlvicos também contribuiu para proteger o aparato fotossintético de plantas de milho, e aumentar as trocas gasosas destas quando irrigadas, e sob déficit hídrico (ANJUM et al., 2011).

De acordo com Dunstone; Richards; Rawson (1988), plantas de trigo sob restrição hídrica e aplicação de ácidos fúlvicos quando conduzidas em ambiente protegido e no campo não apresentaram efeito na condutância estomática. Mas em experimentos conduzidos em câmara de crescimento, o ácido fúlvico foi efetivo na redução da condutância estomática. Portanto, estes autores concluíram que os efeitos da aplicação de bioestimulantes são

variáveis, podendo depender do genótipo estudado e ainda do ambiente em que o experimento foi conduzido.

No restante dos componentes de produtividade mensurados no trabalho na média dos três anos obteve-se diferença significativa para todos eles, exceto no componente de número de grãos por vagem. No peso de cem sementes na média das três teve um acréscimo de 0,58%, no número de vagens por planta na média dos anos se ganhou 4,69% nas repetições em que se aplicou o produto comparado com a testemunha, já no número de grãos por planta esse acréscimo foi de 4,77%, muito parecido com o acréscimo de 4,67% do componente de número de vagens que continha três grãos. Esses resultados corroboram com o que foi encontrado em termos de incremento em porcentagem no quesito da produtividade.

## **5 CONCLUSÃO**

A aplicação deste produto a base de substâncias húmicas teve incremento em produtividade e seus componentes, ao longo dos três anos nas condições de campo testadas.

Precisa-se de mais estudos para se ter real noção da melhora do solo em aspectos químicos, físicos e biológicos com a aplicação de produtos a base de substâncias húmicas, bem como seus efeitos em outras culturas e/ou em um sistema de rotação de culturas também sua viabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 189-197, 2001.
- ANJUM, S.; ASHRAF, U.; ZOHAIB, A.; TANVEER, M.; NAEEM, M.; ALI, I.; NAZIR, U.; TABASSUM, T. Growth e respostas de desenvolvimento de plantas cultivadas sob estresse hídrico: uma revisão. **Z emdirbyste-Agriculture**, v. 104, n. 3, p. 267-276, 2017.
- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; BABENKO, A.; CANNON, J.; GALVIS, P.; METZGER, J. D. Influence of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 39, p. 91-99, 2008.
- AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; PASCUAL, J.A. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Biology and Technology*, v. 57, p. 251-257, 1998.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.
- BENITES, V. M., MADARI, B., MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: 2003. 13 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 14).
- BENITES, V. M. **Aplicação foliar de fertilizante organo mineral e solução de ácido húmico em soja sob plantio direto**. Circular Técnica, 2006.
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORREA-FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 66, p.1-16, jun. 1994.

BORSARI, F. Substâncias húmicas. Experiências de campo demonstram os benefícios para a produtividade do uso de ácidos húmicos na agricultura intensiva. **Agro DBO**, p.44, jul. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

CALLEGARO, E. C. **Resposta De Humimax S 20 Na Adubação Na Cultura Da Soja**. 2015. 45 f. Mestrado (Dissertação Curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural) - Universidade de Cruz Alta – Unicruz, Cruz Alta, 2015. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/wp-content/uploads/2017/04/Elton-C%3%A9sar-Callegaro-RESPOSTA-DE-HUMIMAX-S-20-NA-ADUBA%3%87%3%83O-NA-CULTURA-DASOJA.pdf>>. Acesso em: out. 2019.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

BOTTOMLEY, W. B. Some effects of organic growth-promotion substances (auximones) on the growth of Lemna minor in mineral cultural solutions. **Proc. Royal Soc. Lond. (Biol.)**, v. 89, p. 481-505, 1917.

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973, 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura (MAPA). **Soja**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 1º out. 2019.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.

BÜYÜKKESKIN, T.; AKINCI, S.; EROGLU, A. E. Effects of humic acid on root development and nutrient uptake of Vicia faba L. (Broad Bean) seedlings grown under aluminium toxicity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 46, p. 277-292, 2015.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CANELLAS, L. C.; SANTOS, G. A. **Humosfera**: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, 2005. 309 p.

CANELLAS, L. P.; ZANDONADI, D. B.; MÉDICI, L. O.; PERES, L. E. P.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (eds.). **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005. p. 224-243.

CARNEIRO, C. E. A.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; AZEVEDO, M. C. B. de; ANDRADE, E. A.; KOGUISHI, M. S.; DIEHL, R. C.; RICCE, W. S.; PASSARIN, A. L.; VAZ, R. H. M.; STELMACHUK, T. L. L.; GUIMARÃES, M. F.; RALISCH, R. Efeitos dos sistemas de manejo sobre o carbono orgânico total e carbono residual de um Latossolo vermelho eutroférico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 5-10, 2009.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo**: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2015.

CAVALETT, O. **Análise do Ciclo de Vida da Soja**. 2008. 245 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2008. Disponível em:  
<[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256262/1/Cavalett\\_Otavio\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256262/1/Cavalett_Otavio_D.pdf)>.  
Acesso em: maio 2019.

CESCO, S.; ROMHELD, V.; VARANINI, Z.; PINTON, R. Uptake of Fe-59 from soluble Fe-59-humate complexes by cucumber and barley plants. **Plant Soil**, v. 241, p. 121-128, 2002.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: MACCARTHY, P.; CAPP, C. E.; MALCOLM, R. L.; AND BLOOM, P. R. (eds.). **Humic 66 substances in soil and crop sciences: selected readings**. Madison, American Society of America. 1990. p. 161-186.

CHEN, Y.; DE NOBILI, M.; AVIAD, T. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (eds.). **Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture**, Boca Raton-FL, CRC Press, p. 103-130, 2004.

DELL'AGNOLA, G.; NARDI, S. Efeito semelhante ao hormônio e captação aprimorada de nitrato induzida por frações húmicas condensadas por despoluição obtidas das fezes de *Allolobophoru rosea* e *A. caliginosa*. **Biologia e Fertilidade dos Solos**, 4: 115-118, 1987.

DUNSTONE, R. L.; RICHARDS, R. A.; RAWSON, H. M. Respostas variáveis de condutância estomática, crescimento e rendimento às aplicações de ácido fúlvico no trigo. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 39, p. 547-553, 1988.

ELLSWORTH, T. R.; CLAPP, C. E.; BLAKE, G. R. Temporal variations in soil structural properties under corn and soybean cropping. **Soil Sci.**, v. 151, p. 405-416, 1991.

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.

ESTADOS UNIDOS. Department of Energy. **Sequestration of carbon: State of the science**. Washington, 1999.

FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronômicas**, n. 66, p. 1994.

FITTER, A. H.; STICKLAND, T. R. Architectural analysis of plant root systems 2. Influence of nutrient supply on architecture in contrasting plant species. **New Phytologist**, v. 118, p. 383-389, 1991.

FREIXO, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

GREGORICH, C. M. R. et al. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.74, n.4, p.367-385, 1994.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of soil aggregation. **Adv. Agron.**, v. 18, p. 107-169, 1966.

HARTZ, T.; BOTTOMS, T. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. **HortScience**, v.45, n.6, p.906-910, 2010.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina: Embrapa-Soja, 2011. P. 231-246.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. 2014. (Documentos Embrapa Soja). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>>. Acesso em: jul. 2019.

KAY, B. D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.*, v. 12, p. 1-41, 1990.

LAL, R.; BRUCE, J. P. The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environ. Sci. Pollut.*, v. 2, p. 177-185, 1999.

LEE, Y. S.; BARTLETT, R. J. Stimulation of Plant Growth by Humic Substances. *Soil Science Society of America Journal*, v. 40, p. 876-879, 1976.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. *Revista Bras. Ci. Solo*, v. 23, p. 257-263, 1999.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V. V. H. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa - MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3. p. 209-248, 2003.

NANNIPIERI, P.; GREGO, S.; DELL'AGNOLA, G.; NARDI, S. Proprietà biochimiche e fisiologiche della sostanza organica. In: NANNIPIERI, P. (ed.). **Ciclo della sostanza organica nel suolo**: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici e selvicolturali. Bologna: Patron Editore, 1993. p.67-78.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 34, p. 1527-1536, 2002.

NARDI, S.; CARLETTI, P.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A. Biological activities of humic substances. In: SENESI, N.; XING, B.; HUANG, P. M. (eds.). **Biophysico-chemical**

**processs involving natural nonliving organic matter in environmental systems.** New Jersey, Wiley, p.305-339, 2009.

PICCOLO, A.; CELANO, G.; PIETRAMELLARA, G. Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings (*Lactuca sativa* and *Lycopersicon esculentum*). **Biology and Fertility of Soils**, v. 16, n. 1, p. 11-15, jun. 1993.

PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; WENDLING, B. A. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 32, p. 2091-2100, 2008.

PRADO, M. R. V. Fertilizante organomineral líquido contendo substâncias húmicas em soja cultivada sob estresse hídrico. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

PRIMO, D. C. et al. Manejo racional de resíduos da cultura do fumo (*Nicotiana tabacum* L.) para obtenção de composto orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1275-1286, 2011.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

RAYLE, D. L.; CLELAND, R. E. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. **Plant Physiol.**, v. 99, p. 1271-1274, 1992.

REINERT, D. J. **Soil structural form and stability induced by tillage in a Typic Hapludalf.** 1990. 129 f. Tese (Doutorado) - East Lansing, Michigan State University, 1990.

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 2016/2017 e 2017/2018.** Passo Fundo: FAMV-PPGAgro/UPF-APASSUL, 2016. 127p.

RODDA, M. R. C.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R.; ZANDONADI, D. B.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. II - Efeito da fonte de vermicomposto. **Revista Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 657-664, 2006.

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, 2017.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.

SALES, H. B. Importância do Enxofre para a cultura da soja. **Soja para**. 2009. Disponível em: <<http://sojapara.blogspot.com.br/2009/07/importancia-do-enxofre-para-cultura-da.html>>. Acesso em: 01 de ago de 2019.

SAMAC, D. A.; TESFAYE, M. Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils: a review. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Dordrecht**, v. 75, n. 3, p. 189-207, 2003.

SPIGARELLI, S. A.; RUSSEL, D. ESSNER, S. M. Humic stimulation of tomato growth in soil and hidroponics. In: INTERNACIONAL MEETING OF IHSS, 12, 2004, São Pedro, SP. **Anais...** São Paulo: Embrapa Agropecuária, 2004. p.205-210.

SEQUI, P. Humic substances: general influences on soil fertility. In: BURNS, R. G.; DELLÁGNOLA, G.; MIELE, S.; NARDI, S.; SAVOINI, G.; SCHNITZER, M.; SEQUI, P.; VAUGHAN, D.; VISSER, S.A. **Humic substances: effects on soil and plants**. Localidade: editora, 1986.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. **Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 6 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 53).

SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A. **Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23 p. (Documentos, 19).

STEHLICKOVA, J.; SVAB, M.; WIMMEROVA, L.; KOZLER, J. Intensification of phenol biodegradation by humic substances. **Int. Biodet. Biodegr.**, v. 63, p. 923-927, 2009.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: Genesis, composition and reactions**. 2. ed. New York: John Wiley, 1994. 443 p.

TOBIASOVÁ, E. The effect of organic matter on the structure of soils of different land uses. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 114, p.18-192, 2010.

VAUGHAN, D.; ORD, B. G. Uma in vitro efeito de fracções de matéria orgânica do solo e ácidos húmicos sintéticos na geração de radicais superóxido. **Plant Soil**, v. 66, n. 113, 1982. <https://doi.org/10.1007/BF02203408>

VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E. (Eds.). **Soil Organic Matter and Biological Activity**. Martinus-Nijhoff. Boston, MA, USA, 1985. p. 37-75.

VELOSO, C. A. C. et al. Adubação fosfatada e potássica na cultura da soja em Latossolo Amarelo do Estado do Pará. 2007. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO... 31., 2007, Gramado. RS, **Anais...** Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/409444/1/TRAB2413.pdf>>. Acesso em: out. 2019.

VISSER, S. A. Effect of humic substances on mitochondrial respiration and oxidative phosphorylation. **Sci. Total Environ.**, v. 62, p. 347-354, 1987.

VON UEXKÜLL, H. R.; MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 171, n 1, p. 1-15, 1995.

XUDAN, X. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield, Aust. **J. Agr. Res.**, v. 37, p. 343-350, 1986.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M. de; MOTA, J. H.; GONÇALVES, L. D.; SOUZA, R. J. Doses e épocas de aplicação de molibdênio na produção e qualidade de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 589-592, jul./set. 2004.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil Till. Res.**, v. 84, p. 28-40, 2005.