

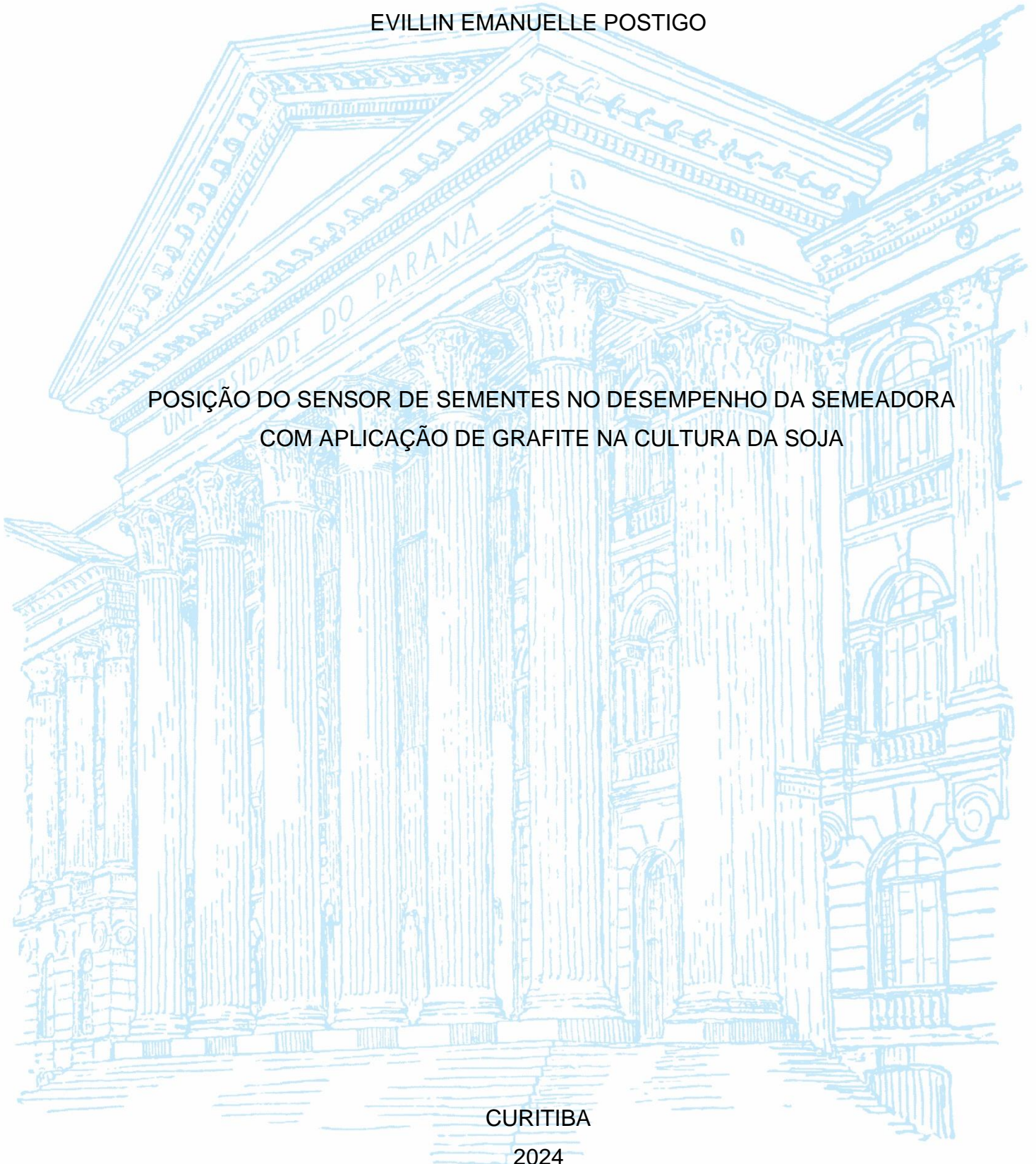
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EVILLIN EMANUELLE POSTIGO

POSIÇÃO DO SENSOR DE SEMENTES NO DESEMPENHO DA SEMEADORA
COM APLICAÇÃO DE GRAFITE NA CULTURA DA SOJA

CURITIBA

2024



EVILLIN EMANUELLE POSTIGO

POSIÇÃO DO SENSOR DE SEMENTES NO DESEMPENHO DA SEMEADORA
COM APLICAÇÃO DE GRAFITE NA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

CURITIBA

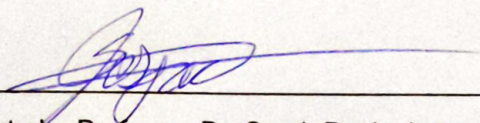
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

EVILLIN EMANUELLE POSTIGO

POSIÇÃO DO SENSOR DE SEMENTES NO DESEMPENHO DA SEMEADORA COM APLICAÇÃO DE GRAFITE NA CULTURA DA SOJA

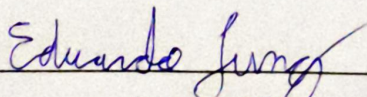
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira Agrônoma no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Professor Dr. Samir Paulo Jasper

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

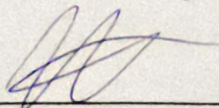
Setor de Ciências Agrárias



Eduardo Affonso Jung

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Setor de Ciências Agrárias



William Santiago de Mendonça

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 13 de dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus, que me deu forças ao longo da minha caminhada profissional e em todos os momentos da vida, especialmente nos períodos de dificuldade.

À minha família, meu alicerce, agradeço profundamente. À minha mãe, Vera, pelos valiosos conselhos, dedicação e empenho em garantir minha educação. Ao meu pai, Antonio, por ser um exemplo de trabalho árduo e incansável para oferecer o melhor à nossa família, possibilitando que eu chegasse até aqui. Aos meus irmãos, Edmilson e Evandro, pela constante presença, apoio incondicional e companheirismo em todos os momentos. Ao meu sobrinho, Lucas, por trazer alegria e inspiração desde o dia em que nasceu.

Meu agradecimento especial ao meu namorado, Pedro, pelo companheirismo e apoio em todas as horas, especialmente nas mais difíceis. Sou imensamente grata pelo seu companheirismo, por acreditar em mim e por compartilhar comigo cada passo dessa trajetória.

Aos meus professores, sou profundamente grato por transmitirem conhecimento e habilidades ao longo do curso. Um agradecimento especial ao meu orientador, Samir, por sua dedicação, paciência e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho. Seus conselhos, críticas construtivas e incentivo foram indispensáveis para a conclusão desta pesquisa.

Minha gratidão se estende à equipe do LATA, que me proporcionou aprendizado e suporte técnico na área de mecanização. Em especial, agradeço ao Gracietti, ao Jung e ao Willian, pela ajuda, amizade e apoio constante durante toda a pesquisa.

Por fim, agradeço aos meus amigos, que estiveram ao meu lado com palavras de incentivo e momentos de descontração, ajudando-me a superar os desafios e os períodos de estresse. Também sou grata aos colegas da universidade, pela parceria, pelo suporte nos momentos difíceis e pelas boas lembranças que sempre levarei comigo.

Aos meus pais, que sob muito sol, me fizeram chegar até aqui pela sombra.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o impacto do tratamento das sementes de soja com grafite no desempenho do sistema de semeadura. O estudo foi conduzido no Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA), pertencente ao setor de ciências agrárias (SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×3 , correspondendo a dois fatores principais: o tipo de tratamento das sementes de soja (com grafite e sem grafite) e as três posições do sensor de sementes (porção superior, intermediária e inferior do tubo condutor). Cada tratamento foi composto por 10 repetições, e cada repetição consistiu de 300 espaçamentos consecutivos, totalizando 18.000 unidades experimentais. As sementes de soja foram caracterizadas quanto suas dimensões e massa de mil grãos. Nos resultados observou-se que o grafite ajudou a melhorar a fluidez das sementes, resultando em uma distribuição mais uniforme, especialmente nas posições intermediária e inferior do sensor. Na posição superior, o tratamento com grafite apresentou desempenho inferior ao sem grafite.

Palavras-chave: Plantabilidade; Agricultura de precisão; Uniformidade da semeadura; Sensores;

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the impact of soybean seed treatment with graphite on the performance of the sowing system. The research was conducted at the Agricultural Tractor Adaptation Laboratory (LATA), part of the Agricultural Sciences Department (SCA) at the Federal University of Paraná (UFPR). The experiment was set up in a completely randomized design, using a 2 × 3 factorial scheme, with two main factors: the type of soybean seed treatment (with graphite and without graphite) and the three positions of the plantability sensor (PSS) (upper, intermediate, and lower sections of the delivery tube). Each treatment consisted of 10 repetitions, and each repetition included 300 consecutive seed spacings, totaling 1,800 experimental units. Soybean seeds were characterized for their dimensions and thousand-grain weight. Results showed that graphite improved the seed flow, leading to a more uniform distribution, especially in the intermediate and lower sensor positions. In the upper position, the graphite treatment performed worse than the non-graphite treatment due to increased initial friction.

Keywords: Plantability; Precision agriculture; Sowing uniformity; Sensors;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1	CULTURA DA SOJA	6
2.2	SEMEADURA MECANIZADA	6
2.3	SENSORES	7
2.4	SEMEADORA-ADUBADORA E MECANISMOS DOSADORES	9
2.5	PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE	12
2.6	TRATAMENTO DE SEMENTES	12
2.7	USO DE GRAFITE	13
3	MATERIAL DE MÉTODOS	14
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE ENSAIOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	14
3.2	SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E SENSORES	16
3.3	ARRANJO EXPERIMENTAL E CONDIÇÕES DE TESTE	17
3.4	ANÁLISES E PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	18
4	RESULTADOS	19
4.1	MÉDIA GERAL DOS TRATAMENTOS E POSIÇÕES	19
4.2	DESEMPENHO DOS TRATAMENTOS NAS DIFERENTES POSIÇÕES DO SENSOR	19
4.3	COMPORTAMENTO DO USO DE GRAFITE	21
4.4	ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE USO DE GRAFITE E POSIÇÃO DO SENSOR	22
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas cultivadas no Brasil. O país se destaca no cenário mundial pela expressiva produção de soja e pelo rápido crescimento no mercado de commodities, consolidando-se como um dos maiores fornecedores globais. O Brasil lidera o ranking mundial tanto na produção quanto na exportação de soja (Valdes et al., 2023).

A produção de soja na safra 2023/24 alcançou aproximadamente 147,38 milhões de toneladas, o que representa uma redução de cerca de 4,7% em relação à safra 2022/23. (CONAB, 2024).

Entre os fatores determinantes para o sucesso da produção de soja está a qualidade da semeadura, determinada pela uniformidade na deposição de sementes, a qual é atingida por meio do estabelecimento adequado do estande de plantas, maximizando o potencial produtivo da lavoura. Para alcançar altos níveis de produção, é essencial determinar o estande adequado e garantir a distribuição uniforme das sementes. A desuniformidade na distribuição longitudinal compromete o aproveitamento eficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes (Cintra et al., 2020).

A desuniformidade na distribuição longitudinal de sementes pode favorecer a ocorrência de espaçamentos duplos, resultando no acúmulo de plantas em pontos específicos da linha de semeadura, o que gera plantas com maior altura, ramificação reduzida e menor diâmetro de caule, tornando-as mais suscetíveis ao acamamento (Carpes et al., 2018). Nesse contexto, os dosadores pneumáticos apresentam vantagens significativas, proporcionando maior precisão na dosagem de sementes e minimizando danos durante o processo de dosagem (Anghinoni, 2019).

Atualmente, os sistemas de dosagem de sementes se dividem em dois tipos principais: mecânicos e pneumáticos. Os dosadores mecânicos possuem estrutura simples, tamanho compacto e custo reduzido, mas apresentam limitações para semeadura de precisão e têm uma elevada taxa de danos nas sementes devido à menor exatidão. Por outro lado, a semeadura pneumática é capaz de realizar a distribuição precisa de grãos individuais. Contudo, sua estrutura é mais complexa, exigindo alta precisão na usinagem e vedação rigorosa durante a operação (XIONG et al., 2023).

Os sistemas pneumáticos de distribuição de sementes ajudam a diminuir a incidência de falhas na deposição por meio do o vácuo do sistema, que favorece a

aderência das sementes nos orifícios do disco vertical e reduz a chance de deslocamento das sementes de suas posições corretas pelos dispositivos singularizadores (MADALÓZ et al., 2020).

Nesse contexto, os sensores são fundamentais na semeadura, pois monitoram o fluxo de sementes com precisão, enviando as informações em tempo real para um monitor na cabine do trator. Isso possibilita ajustes imediatos, prevenindo falhas no processo de semeadura. (KARIMI et al., 2019; SANTOS et al., 2011).

Um fator crucial para o desempenho da cultura de soja no campo é a qualidade das sementes. Diversos tratamentos têm sido aplicados para aprimorar a qualidade sanitária e o desempenho das sementes (CARVALHO et al., 2022).

O uso de tratamentos químicos nas sementes, que podem ser aplicados tanto em unidades de processamento industrial quanto diretamente na fazenda "on farm", busca proteger as sementes contra pragas e doenças, além de incluir agentes que favorecem a fixação biológica de nitrogênio e outros benefícios agrônômicos. No entanto, o tratamento químico das sementes pode torná-las mais ásperas, dificultando a dinâmica de preenchimento dos discos alveolares e, conseqüentemente, causando danos às sementes, falhas na semeadura e problema de escoamento (PEREIRA et al., 2021).

O problema de escoamento pode ser solucionado ao misturar o lubrificante sólido grafite às sementes, pois sua natureza inerte e sua capacidade de reduzir o coeficiente de atrito entre as sementes e as partes do mecanismo dosador diminuem o ângulo de repouso, facilitando o encaixe das sementes nos orifícios do disco. Assim, a adição de grafite, contribui para reduzir o atrito e melhorar a fluidez das sementes (Mantovani et al., 1999).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a deposição de sementes de soja tratadas com grafite, contribuindo para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes e precisas para o cultivo da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA SOJA

A soja, identificada cientificamente como *Glycine max* (L.) Merrill, é uma planta pertencente à família Fabaceae e tem sua origem atribuída ao nordeste da China, na Ásia. Por ser uma cultura adaptada a climas temperados, foi necessário desenvolver técnicas de melhoramento genético para permitir sua produção em regiões tropicais, como o Brasil. No âmbito global, a soja se destaca como a oleaginosa mais importante em termos de produção e consumo. Seus grãos, com altos índices de óleo (superiores a 20%) e proteína (ultrapassando 40%), possuem grande relevância econômica (CARVALHO, 2023).

Segundo informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA (2024), a produção global de soja na safra 2023/24 alcançou 395,91 milhões de toneladas. No Brasil, durante o mesmo período, a produção de soja foi de 147,38 milhões de toneladas, com área de plantio de 46.029,8 mil hectares e uma produtividade estimada em 3.202 kg/ha. Apesar de uma redução aproximada de 4,7% em relação à safra anterior, esta continua sendo a segunda maior colheita já realizada no Brasil (CONAB, 2024).

Neste contexto, a produção de soja no Brasil alcança números significativos, refletindo sua relevante contribuição econômica e social para o país. Cultivada em todas as regiões, a soja consolidou-se como um dos principais produtos da agricultura brasileira e um destaque na balança comercial. (FERREIRA, 2016). O complexo soja representa 37,59% das exportações brasileiras do agronegócio, o que representa US\$ 47 bilhões (MAPA, 2024).

De acordo com Rocha et al. (2017), o avanço na produção de soja no Brasil foi impulsionado pela adoção de tecnologias modernas, que possibilitaram tanto a expansão do cultivo para novas áreas quanto um significativo aumento na produtividade. Entre essas inovações, destacam-se o uso de sementes de alta qualidade em aspectos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários; a implementação do sistema de plantio direto; o desenvolvimento de variedades com crescimento indeterminado; e o aprimoramento genético voltado para maior resistência a pragas e doenças.

2.2 SEMEADURA MECANIZADA

A produção de grãos requer o desenvolvimento de máquinas agrícolas com maior eficiência e precisão. Nesse contexto, as semeadoras desempenham um papel fundamental, pois o desempenho das culturas e sua produtividade geralmente dependem de uma distribuição correta de sementes por unidade de área (ROCHA, et al, 1992).

A operação de semeadura é fundamental na agricultura, pois influencia diretamente a produtividade das culturas, demandando precisão e qualidade para assegurar o desenvolvimento adequado das plantas. A semeadora tem a função de colocar as sementes no solo, obedecendo ao espaçamento, densidade e profundidade ideais, promovendo assim o crescimento adequado da lavoura (BORGES, 2023).

Diferentemente de outras operações mecanizadas, a semeadora caracteriza-se pela irreversibilidade: uma vez que sementes e fertilizantes são distribuídos no solo, eventuais erros ou falhas não podem ser corrigidos no mesmo ciclo da cultura. Assim, o sucesso dessa operação depende de uma compreensão integrada de diversos fatores, como as condições climáticas, características do solo, seleção da espécie e cultivar, qualidade das sementes e desempenho da máquina utilizada (SENAR, 2017).

A determinação da uniformidade de semeadura é um parâmetro importante na avaliação do sistema de dosagem de sementes, o distanciamento desuniforme entre as plantas dentro de uma linha é influenciado por alguns fatores, como a falha na queda da semente, a queda de várias sementes ao mesmo tempo, falha na variabilidade das sementes em germinar e a área ao redor do ponto de deposição. (AHMAD, et al, 2021)

A emergência rápida e uniforme das plântulas é favorecida pela homogeneidade das sementes, pela distribuição tanto vertical quanto horizontal no sulco de semeadura, além da adequada disponibilidade de umidade no solo e temperatura. No que diz respeito à distribuição das plantas na fileira, é essencial considerar aspectos como o tamanho, vigor e germinação das sementes. O arranjo correto e a uniformidade no espaçamento entre as plantas na fileira também desempenham um papel crucial na produtividade da cultura (MARTIN, et al, 2022).

2.3 SENSORES

A agricultura de precisão tem se mostrado uma ferramenta eficaz para otimizar o processo produtivo agrícola, oferecendo aos produtores uma tomada de decisão mais rápida e confiável. A tecnologia permite a aplicação eficiente de insumos nos locais e momentos exatos, o que reduz custos e aumenta o rendimento das lavouras. Além disso, contribui para a preservação ambiental ao controlar o uso de fertilizantes e defensivos, minimizando a contaminação do solo e da água. A evolução da eletrônica, com sensores, atuadores e microcontroladores, facilitou a automação dos processos agrícolas, tornando as máquinas e equipamentos mais programáveis, flexíveis e eficientes. O uso das tecnologias da informação e comunicação também tem permitido que os produtores tomem decisões baseadas na análise de grandes volumes de dados em tempo real, otimizando o gerenciamento dos insumos (SILVA, 2023).

O monitoramento das operações de semeadura, por meio de tecnologias avançadas, oferece uma alternativa para melhorar a precisão das operações, como a quantificação em tempo real do fluxo de sementes e o funcionamento das semeadoras-adubadoras. Essa abordagem busca minimizar falhas operacionais, garantindo uma semeadura eficiente e mais precisa (GOMES, 2018).

A localização do sensor no tubo condutor é fundamental para a detecção precisa do fluxo de sementes, tendo em vista a cinética variável das sementes ao longo do tubo condutor. O sensor deve ser instalado onde o grão flui verticalmente, o que permite detectar o fluxo de sementes com maior precisão, minimizando a interferência de fatores externos, como vibrações e poeira. A instalação correta do sensor permite monitorar variações na taxa de fluxo, essencial para atualizar a quantidade de sementes depositadas por unidade de área (KARIMI et al., 2019).

A telemetria, que envolve a transferência de dados entre máquinas e unidades remotas, tem se destacado como uma ferramenta digital essencial para a agricultura. Por meio de conexões como wi-fi, internet via telefonia celular ou radiocomunicação, os dados sobre o funcionamento das máquinas podem ser transmitidos em tempo real, possibilitando análise e tomada de decisões à distância de forma instantânea, além de otimizar os processos (SANTOS, 2023; REIN JUNIOR, 2016).

A aplicação de tecnologias inteligentes nas máquinas agrícolas, como sensores, atuadores e telemetria, contribui para a automação e para a minimização de erros operacionais. Isso é essencial para melhorar a produtividade e a eficiência da produção agrícola no Brasil, que possui grande potencial para o desenvolvimento do agronegócio (ANZILIERO, 2021).

A instalação de sensores e softwares nas semeadoras, como sensores ópticos para contagem de sementes e sistemas de controle da distribuição de fertilizantes, tem maximizado a eficiência das operações. Esses sistemas garantem a aplicação precisa dos insumos de acordo com as necessidades da cultura, ajustando-se ao relevo do solo e permitindo o desligamento individual das linhas de plantio, entre outras funções (LOUREIRO, 2023).

Conforme THOMAZINI (2011), sensores ópticos são dispositivos que detectam variações em grandezas físicas como temperatura, pressão e velocidade. Eles funcionam através da emissão de luz por um emissor, cuja luz, ao ser recebida por um receptor, gera um sinal processado. Esses sensores são essenciais na semeadura, pois monitoram com precisão o fluxo de sementes e transmitem os dados em tempo real para o monitor na cabine do trator, permitindo ajustes imediatos para evitar falhas na semeadura (KARIMI et al., 2019; SANTOS et al., 2011).

2.4 SEMEADORA-ADUBADORA E MECANISMOS DOSADORES

A mecanização agrícola impulsionou significativamente a produção de grãos, destacando-se as máquinas semeadoras como essenciais para o sucesso das culturas. Esses equipamentos possuem sistemas dosadores que garantem o espaçamento ideal das sementes, reduzindo o consumo por hectare. O uso correto dessas máquinas é indispensável para aumentar a produtividade. (MAIA, 2022)

As semeadoras-adubadoras podem contar com variados tipos de mecanismos dosadores de sementes, sendo os mais comuns: disco perfurado, rotor canalizado, dedo prensador, copo distribuidor e sistema pneumático. Normalmente, esses dispositivos são instalados na máquina a uma altura considerável do solo, fazendo com que as sementes, após serem dosadas, percorrem uma longa distância em queda livre dentro de um tubo condutor até atingirem o solo. Essa altura de queda influencia diretamente o desempenho dos mecanismos dosadores. (SILVA et al, 2000)

Segundo Savi (2021), a semeadora-adubadora é composta por elementos essenciais que garantem eficiência no campo. O rodado de acionamento, reservatórios, discos de corte, sulcadores e dosadores trabalham de forma integrada para preparar o solo, ajustar a quantidade de insumos e realizar o plantio com uniformidade. O limitador de profundidade e a roda cobridora asseguram o contato ideal entre solo e semente. Esses elementos, ao funcionarem de maneira integrada, asseguram uniformidade na semeadura, otimizam o uso dos insumos e contribuem diretamente para a produtividade agrícola, demonstrando a importância do projeto adequado desses mecanismos para resultados consistentes.

Conforme Reis (2003), o desempenho das semeadoras é influenciado por erros que comprometem a eficiência do processo, como os de dosagem, deposição, profundidade e acondicionamento. A dosagem é impactada por fatores como características das sementes, compatibilidade entre as células e as sementes, desgaste dos mecanismos e velocidade de operação. Já na deposição, a precisão depende da altura do dosador, do formato do tubo condutor, da velocidade e do método de deposição (natural ou forçada).

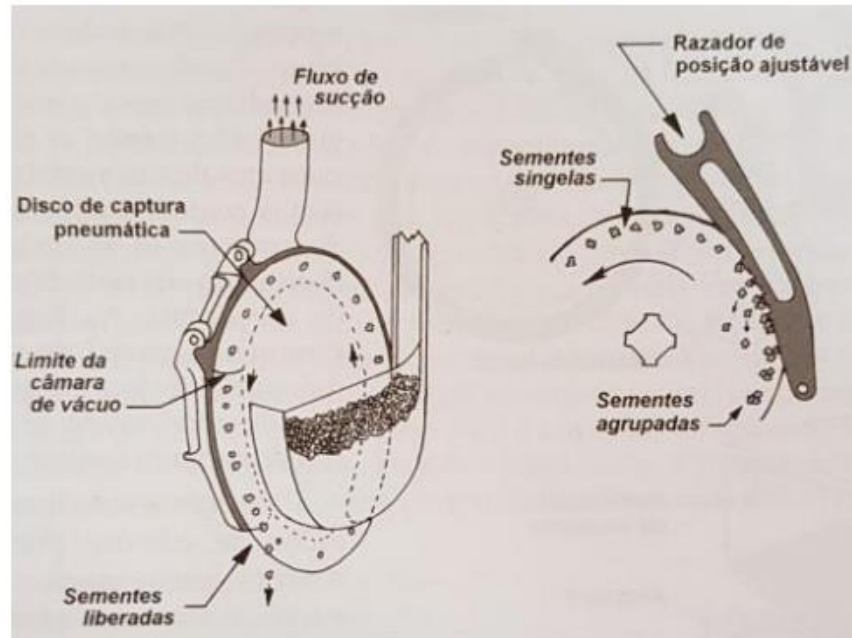
Os sistemas de dosagem de sementes se dividem em dois tipos principais: mecânicos e pneumáticos. Os mecânicos são simples, compactos e econômicos, mas têm menor precisão e maior taxa de danos às sementes. Já os pneumáticos oferecem alta exatidão na distribuição de sementes individuais, porém exigem estrutura complexa, fabricação precisa e vedação eficiente (XIONG et al., 2023).

De acordo com Moleta et al. (2020), o sistema de dosagem pneumática (FIGURA 1), utiliza ar pressurizado para separar, reter e liberar as sementes no momento adequado, oferece uma dosagem mais eficiente, permitindo deposição precisa no sulco de semeadura. Este sistema se destaca por proporcionar maior uniformidade na distribuição das plantas, resultando em maior altura, maior massa de mil grãos e maior número de plantas por metro linear. Tais características são essenciais para o desenvolvimento inicial homogêneo da cultura, maximizando a utilização de recursos como água, luz e nutrientes.

Os mecanismos mecânicos (FIGURA 2), comumente encontrados na forma de discos alveolados localizados no fundo de um reservatório de sementes, desempenham uma função essencial no processo de distribuição. Durante o movimento rotacional, os alvéolos captam as sementes do reservatório e as

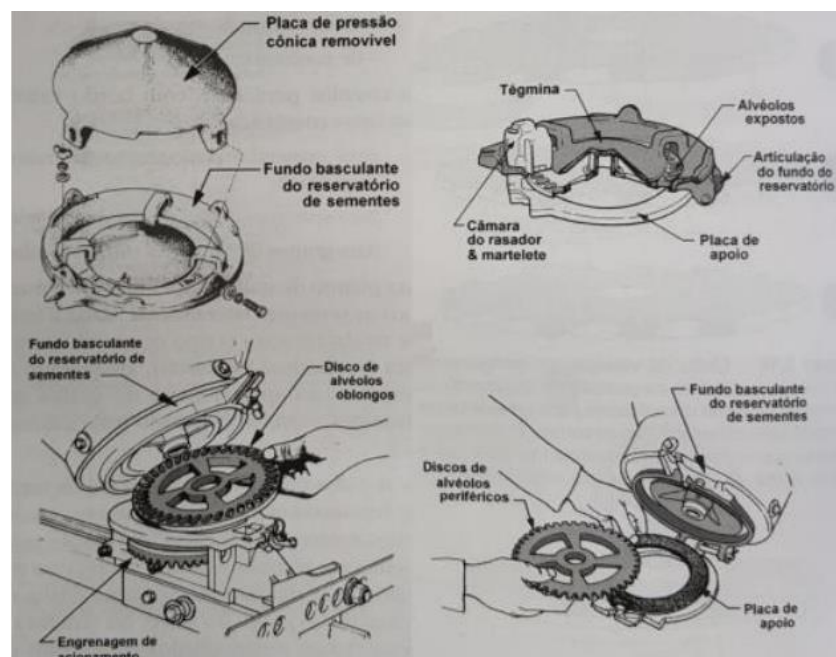
transportam até a abertura de saída, onde são direcionadas ao solo de maneira precisa (Ogliari, 1990).

FIGURA 1. DOSADOR PNEUMÁTICO DE SEMENTES COM PRESSÃO NEGATIVA (VÁCUO).



Fonte: MIALHE (2012).

FIGURA 2. MECANISMO DOSADOR DE DISCO ALVÉOLADO HORIZONTAL DE SEMENTES (MECÂNICO)



Fonte: MIALHE (2012).

2.5 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE

Plantabilidade é o termo que corresponde ao conjunto de componentes que interferem na distribuição adequada das sementes ao longo do sulco de semeadura em termos de densidade e profundidade ideais para o estabelecimento da cultura vegetal. Problemas com a plantabilidade podem causar subutilização de radiação solar, água e nutrientes, limitando a produtividade de grãos (PEREIRA et al., 2021)

De acordo com a norma ISO 7256/1 (1984), um espaçamento duplo ocorre quando a distância entre sementes consecutivas é inferior a 0,5 vezes o espaçamento ideal. Por outro lado, considera-se um espaçamento falho quando essa distância excede 1,5 vezes o espaçamento ideal. Espaçamentos que não se enquadram nessas categorias são classificados como aceitáveis. A proporção de espaçamentos falhos, duplos e ideais está diretamente relacionada à uniformidade do estande, uma vez que um maior número de espaçamentos aceitáveis indica maior uniformidade. (MARTIN, et al., 2022)

Em relação às plantas de soja, um dos principais problemas de plantabilidade está associado à incidência de deposições duplas, pois o acúmulo de sementes pode levar ao crescimento de plantas mais altas (estioladas), com menor ramificação, produtividade individual reduzida, diâmetro de caule mais fino e maior susceptibilidade ao acamamento (JASPER et al., 2011). Considerando as características fisiológicas das plantas de soja, quanto maior a competição intraespecífica, maior o impacto negativo na produção por planta (Mondo et al, 2012).

2.6 TRATAMENTO DE SEMENTES

A ocorrência de doenças e pragas associadas às sementes representa um dos principais fatores de prejuízo aos cultivos agrícolas, configurando-se como um problema de relevância crescente em escala global. A presença de patógenos nas sementes pode não apenas reduzir sua qualidade fisiológica, mas também atuar como fonte inicial de inóculo para epidemias, facilitando a transmissão de doenças. (PARIZ, 2020).

Nesse contexto, o tratamento de sementes tem se consolidado como uma ferramenta indispensável na agricultura moderna, devido ao seu baixo custo e aos benefícios proporcionados às culturas agrícolas. (BORTOLI, 2019). Entre as práticas mais comuns, destaca-se o uso de fungicidas e inseticidas para o controle de pragas

e doenças, assegurando um estande inicial mais uniforme. Além disso, podem ser incorporados produtos como micronutrientes, que contribuem para a melhoria do vigor e da germinação das sementes. (OLIVEIRA NETO, 2022).

No entanto, o tratamento fitossanitário das sementes também pode influenciar sua distribuição nos sistemas de semeadura, reduzindo o deslizamento dentro do reservatório e dificultando a captura e o assentamento das sementes nos alvéolos. Essa limitação pode aumentar os espaçamentos falhos e comprometer a regularidade dos aceitáveis. Para mitigar esse efeito, recomenda-se a aplicação de grafite, visando adequar os espaçamentos e assegurar uma distribuição mais eficiente. (JASPER et al., 2006).

2.7 USO DE GRAFITE

A eficiência da semeadura está diretamente ligada à redução do atrito entre as sementes, os componentes dos mecanismos dosadores e os condutores, uma vez que o excesso de atrito pode causar espaçamentos irregulares e danos mecânicos. O uso de grafite como lubrificante sólido tem se mostrado uma solução eficaz para mitigar esses problemas, promovendo uma distribuição uniforme das sementes e otimizando o espaçamento entre plantas. Além disso, essa prática pode aumentar significativamente o rendimento da soja, especialmente em velocidades de semeadura mais altas (Pereira et al., 2021; Savi et al., 2023; Mota et al., 2024).

A aplicação de grafite melhora a eficiência dos mecanismos dosadores ao garantir o bom funcionamento dos componentes e reduzir falhas, espaçamentos duplos e variações na deposição, promovendo maior precisão. Contudo, doses elevadas de grafite podem prejudicar a uniformidade da distribuição (Savi, 2023).

O uso de grafite também soluciona problemas de escoamento ao diminuir o coeficiente de atrito e o ângulo de repouso das sementes, facilitando seu posicionamento nos orifícios dos discos dosadores. Essa melhoria na fluidez das sementes reflete diretamente na eficiência da distribuição e é influenciada pela rugosidade de sua superfície (Mantovani et al., 1999; Al-Hashemi e Al-Amoudi, 2018; Hentschke, 2002).

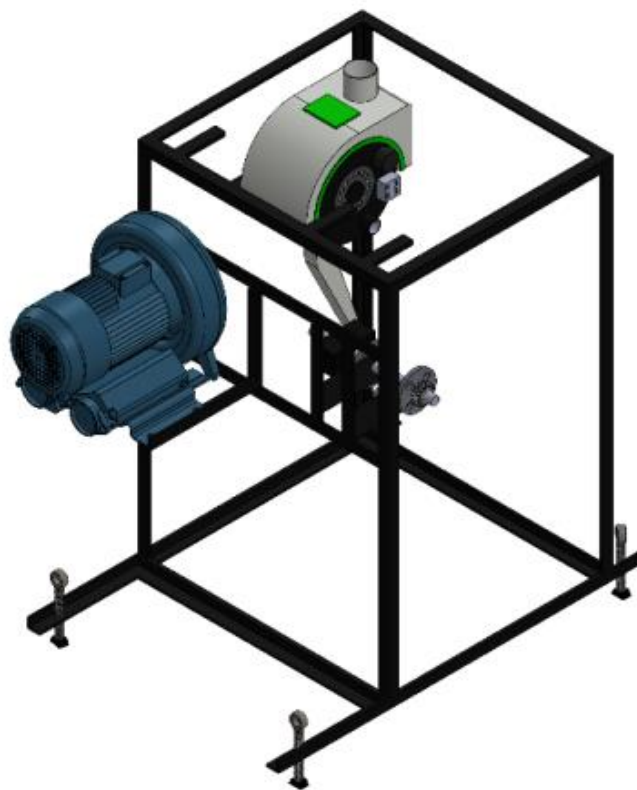
3 MATERIAL DE MÉTODOS

3.1 Caracterização do Banco de Ensaio e Equipamentos Utilizados

Os ensaios para avaliar a influência da posição do sensor para sementes de soja sem tratamento e sementes tratadas com grafite foram realizados no Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA), pertencente ao setor de ciências agrárias (SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O experimento utilizou uma bancada estática de semeadura (FIGURA 3) descrita por Savi et al. (2020), que permite simular e avaliar a distribuição longitudinal das sementes no sulco de semeadura.

A bancada em questão tem a capacidade de instalar diversos mecanismos dosadores de forma simultânea, além de possibilitar a simulação de diferentes condições operacionais. Ela é responsável por fixar e ajustar tanto o mecanismo dosador quanto o sensor de monitoramento.

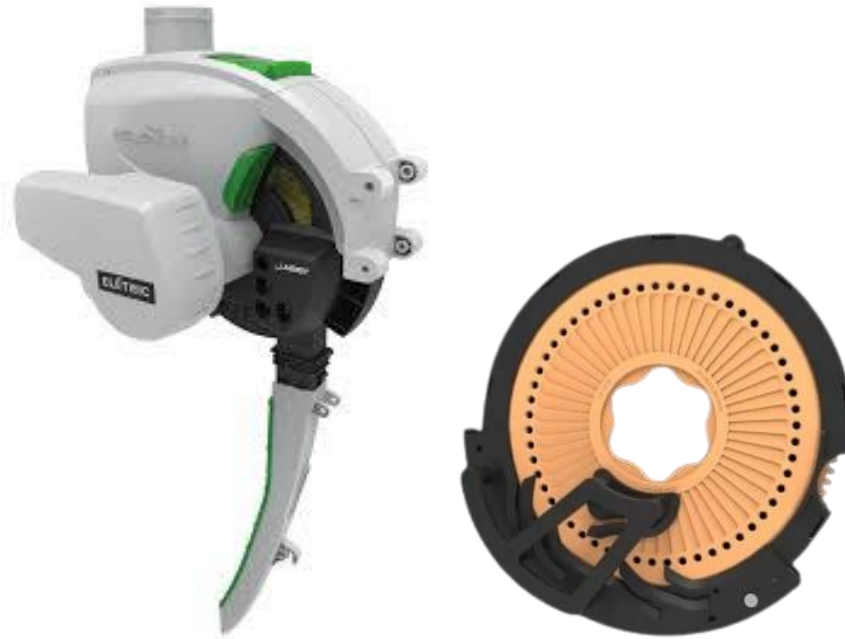
FIGURA 3. BANCADA ESTÁTICA DE SIMULAÇÃO



FONTE: GRACIETTI (2023)

O mecanismo dosador utilizado foi o Selenium Elétric (J. Assy®) (FIGURA 4), modelo pneumático acionado por motor elétrico, em conjunto com um disco J. Assy® de 55 orifícios de 4,0 mm, com seu singulador e ejetor.

FIGURA 4. DOSADOR PNEUMÁTICO DE SEMENTES COM ACIONAMENTO POR MOTORES ELÉTRICOS E CONJUNTO DE DISCO



FONTE: J. Assy® (2024)

O dosador operou com vácuo de 4,48 kPa, gerado por um compressor radial CR-3 IBRAM (Brazilian Machinery industry®) com capacidade máxima de vazão de 0,022 m³/s. O sistema elétrico do mecanismo dosador foi alimentado por uma fonte independente, desenvolvida pelo laboratório, que converte a tensão de 110V para 24V, que é a tensão de trabalho do sistema elétrico do dosador, assim permite ajustar a tensão e corrente fornecidas ao dosador.

A velocidade de semeadura foi ajustada para 7 km/h, conforme recomendado por Savi et al. (2023), sendo estabelecida pela relação entre a tensão fornecida e as rotações por minuto (RPM) e foi determinada a faixa de rotações por minuto de 24,61 com uma tensão de 6,74 V e corrente de 1,67 A. A medição da rotação foi feita com um tacômetro digital DM6236P da marca Victor®.

3.2 Sistema de Aquisição de Dados e Sensores

A bancada experimental foi equipada com um Sistema de Aquisição de Dados (SAD), utilizando uma placa de circuito impresso (PCI) projetada no software Proteus 8.1 (Labcenter Electronics, UK) e fabricada na fresadora LPKF Protomat 93s. O sistema está conectado a um microcomputador AT Mega 328 (Atmel®), que possui oito entradas analógicas e 14 entradas/saídas digitais programadas por software, além de uma porta USB para comunicação e alimentação.

O microcomputador opera em uma velocidade de clock de 16 Mhz e possui um conversor analógico para digital de 10 bits (ARDUÍNO, 2020). A frequência de aquisição de dados foi definida em 1 Hz, sincronizada com a passagem das sementes, que foi detectada por sensores ópticos conectados ao SAD, estes dados foram transferidos e armazenados em um disco rígido (JASPER et al., 2016).

A avaliação da dinâmica de distribuição das sementes foi realizada com o uso de um sensor óptico SM4, posicionado na região superior, intermediário e inferior do tubo condutor de sementes (FIGURA 5). O funcionamento do sensor óptico ocorre pela passagem e interrupção do feixe luminoso infravermelho pela semente. Quando a semente interrompe o feixe de luz, isso é detectado pelo elemento receptor, permitindo a identificação precisa do momento exato do evento.

FIGURA 5- Diagrama dos componentes de leitura da bancada estática: A - tubo condutor; B – sensor óptico superior; C – sensor óptico intermediário e D - sensor óptico inferior;



Fonte: A autora (2024)

As dimensões das sementes foram medidas de acordo com a metodologia proposta por Soyoye et al. (2018). Para essa análise, foram utilizadas 100 unidades amostrais das sementes testemunhas e das sementes com tratamento de grafite, e as medições foram realizadas usando um paquímetro digital com uma precisão de $1 \times 22 \cdot 10^{-4}$ m. A massa de mil grãos foi determinada a partir de dez amostras contendo 300 sementes cada, utilizando uma balança semianalítica BK-5002 (Gehaka Ltda®).

Os resultados obtidos no tratamento de grafite mostraram valores médios de comprimento, largura e espessura das sementes de 6,30, 5,80 e 5,30 mm, respectivamente. Além disso, a esfericidade das sementes foi calculada como 91,8, e a massa de mil grãos foi determinada como $151,78 \pm 2,53$ g.

A testemunha apresentou valores médios de comprimento, largura e espessura das sementes de 6,80, 6,10 e 5,50 mm, respectivamente. Além disso, a esfericidade das sementes foi calculada como 89,90, e a massa de mil grãos foi determinada como $190,06 \pm 2,31$ g.

O ângulo de repouso das sementes foi estabelecido pela tangente inversa da altura em relação à distância da massa depositada sobre uma superfície plana (AL-HASHEMI et al., 2018). A testemunha sem grafite apresentou ângulo de repouso de $33,93^\circ \pm 0,70$. A testemunha com tratamento de grafite apresentou $32,17^\circ \pm 0,71$.

3.3 Arranjo Experimental e Condições de Teste

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×3 , correspondendo a dois fatores principais: o tipo de tratamento das sementes de soja (com grafite e sem grafite) e as três posições do sensor de sementes (porção superior, intermediário e inferior do tubo condutor). Cada tratamento foi composto por 10 repetições, e cada repetição consistiu de 300 espaçamentos consecutivos, totalizando 18.000 unidades experimentais.

Para o controle da taxa de deposição, foi utilizada uma densidade de semeadura de 257.778 sementes por hectare, com espaçamento de 0,08 m entre plantas e 0,45 m entre linhas. As sementes de soja sem tratamento utilizadas foram da cultivar Cordius, com pureza mínima de 99% e taxa de germinação de 80%. As

sementes de soja com grafite utilizadas foram da cultivar 5615 RSF IPRO, com pureza mínima de 99% e taxa de germinação de 80%.

3.4 Análises e Procedimentos Estatísticos

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar a significância dos efeitos do uso de grafite e das posições do sensor, bem como de sua interação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) para os fatores qualitativos, permitindo identificar diferenças significativas entre os níveis de cada fator e suas combinações. O coeficiente de variação (CV) foi calculado para avaliar a precisão experimental. Todas as análises foram realizadas utilizando o software SisVar (versão 5.6). Os resultados foram interpretados considerando as classificações estatísticas fornecidas pelo teste de Tukey.

4 RESULTADOS

A análise estatística foi conduzida para avaliar os efeitos do uso de grafite e da posição do sensor sobre a precisão. Foram comparados dois tratamentos, com grafite (CG) e sem grafite (SG), em três posições do sensor no tubo condutor: superior, intermediário e inferior.

4.1 Média Geral dos tratamentos e Posições

A análise das médias gerais revelou que o tratamento SG apresentou o melhor desempenho em comparação ao tratamento CG, com uma média geral de 97,28% para o SG contra 89,39% para o CG (Tabela 1). Além disso, a precisão foi influenciada significativamente pela posição do sensor, com as posições intermediário e inferior apresentando médias maiores (99,52% e 99,42%, respectivamente), enquanto a posição superior mostrou menor precisão (81,07%).

TABELA 1- Médias dos tratamentos e posições do sensor

Tratamento (F1)	Posição do sensor (F2)			Média
	Superior	Intermediário	Inferior	
CG	68,83 Bb	99,67 Aa	99,67 Aa	89,39 B
SG	93,30 Ab	99,37 Aa	99,17 Aa	97,28 A
Média	81,07 B	99,52 A	99,42 A	93,33

Fonte: A autora (2024)

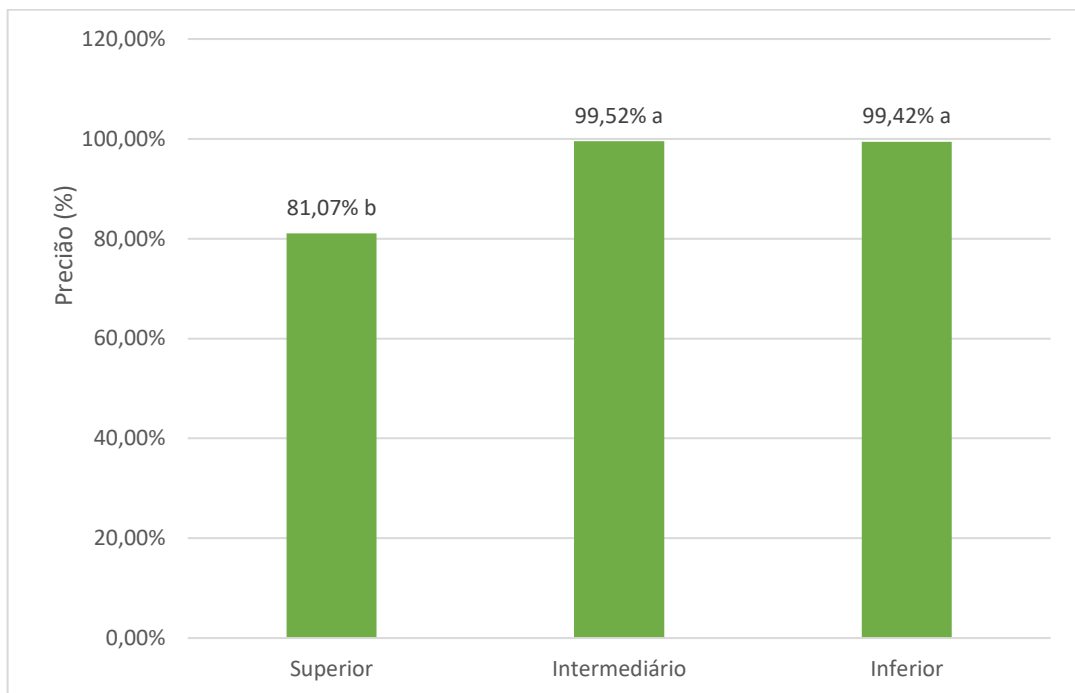
A diferença entre os tratamentos foi mais pronunciada na posição superior, onde o CG teve uma média significativamente mais baixa (68,83) em relação ao SG (93,30). Esses dados sugerem que o tratamento SG foi mais eficaz em garantir a precisão das medições, especialmente nas fases iniciais do processo de semeadura.

4.2 Desempenho dos Tratamentos nas Diferentes Posições do Sensor

Os resultados indicam que o desempenho do sistema de monitoramento de semeadura é altamente dependente da posição do sensor. A posição superior foi a que apresentou o menor desempenho, sugerindo que, nesse estágio inicial do processo, a precisão das medições é mais afetada por fatores como o aumento do atrito ou a instabilidade nas condições iniciais.

Por outro lado, nas posições intermediária e final, o desempenho foi significativamente melhor, com os sensores apresentando resultados consistentes e de alta precisão. Nesses estágios, o sistema já está mais estabilizado, e a leitura das sementes se aproxima mais da distribuição real no sulco de semeadura, com menor impacto de interferências externas.

FIGURA 6 – PRECISÃO DE LEITURA PELAS POSIÇÕES DO SENSOR



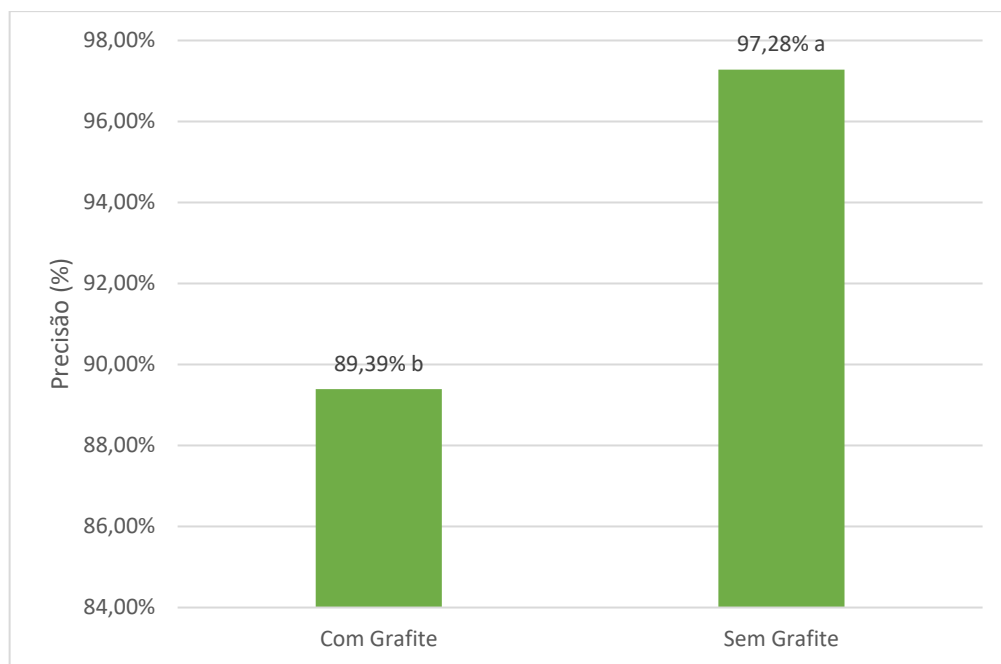
Fonte: A autora (2024)

As posições intermediária e final mostraram melhores resultados, possivelmente devido ao fato de que, nesse estágio, o sistema já alcança maior estabilidade, reduzindo os efeitos negativos de instabilidade observados nas fases iniciais. Esses dados corroboram as observações de Kumar & Raheman (2018), que defendem que o monitoramento dos fatores de eficiência na distribuição de sementes deve ser realizado na parte inferior do tubo condutor. De acordo com os autores, essa posição é mais eficaz para obter resultados que se aproximam da distribuição real das sementes no sulco de semeadura, uma vez que as sementes nessa área já passaram pelos processos de individualização, singulação, ejeção, fluxo e deposição.

4.3 Comportamento do uso de grafite

O comportamento dos tratamentos (com grafite e sem grafite) revelou diferenças significativas na média geral de precisão. O tratamento SG apresentou um desempenho superior ao tratamento CG. Essa diferença foi confirmada pelo teste de Tukey, que classificou o tratamento SG como estatisticamente superior ao CG.

FIGURA 7 – PRECISÃO DE LEITURA PELO USO DO GRAFITE



Fonte: A autora (2024).

A Figura 7 evidencia visualmente a diferença de desempenho entre os tratamentos, indicando que o tratamento sem grafite favorece a precisão do sistema em relação ao tratamento com grafite. Esse comportamento pode ter prejudicado a leitura do sensor, uma vez que, embora a ausência de partículas de grafite fosse esperada para melhorar a regularidade do sistema, ela acabou interferindo nas condições de leitura, especialmente em fases mais instáveis do processo. O grafite, que deveria contribuir para a fluidez das sementes, parece ter afetado negativamente a precisão do sensor, mostrando que, em algumas situações, a melhoria esperada na deposição das sementes não se traduziu em um desempenho superior do sistema de monitoramento.

Os resultados mostraram que o tratamento SG apresentou desempenho superior ao tratamento CG, sendo a diferença mais pronunciada na posição superior, onde o tratamento CG obteve desempenho significativamente inferior em relação ao SG. Essa discrepância pode ser explicada pela presença do grafite, que, ao ser utilizado no processo, pode impactar negativamente a precisão e consistência das medições, especialmente quando o sensor está posicionado na fase inicial da medição.

A falha na identificação da passagem de parte das sementes depositadas é uma das causas desse fenômeno, sendo resultado do aumento da distância entre os elementos emissores e receptores do sensor. Como apontado por Cay et al. (2017), o aumento dessa distância compromete a eficiência do sistema de monitoramento, reduzindo a capacidade do sensor de detectar com precisão as sementes que passam por ele.

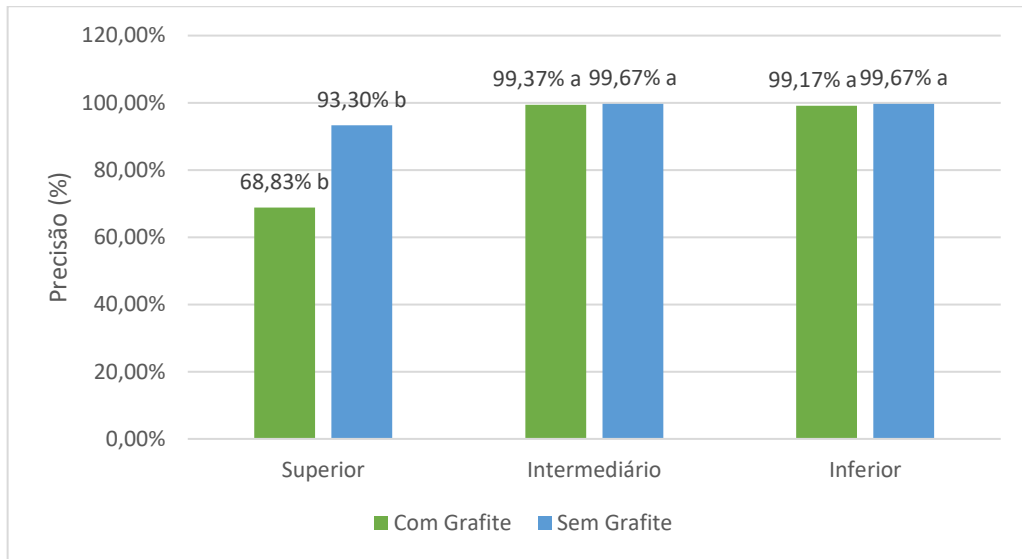
A falha na identificação das sementes no tratamento CG, particularmente nas fases iniciais da semeadura, pode ser uma das principais razões para a diferença observada no desempenho entre os tratamentos SG e CG. A alteração na fluidez das sementes proporcionada pelo grafite pode ter interferido na percepção do sensor, prejudicando a precisão das medições.

4.4 Análise da Interação entre Uso de Grafite e Posição do Sensor

Na posição inicial, o tratamento CG apresentou desempenho significativamente inferior ao tratamento SG. Essa diferença sugere que a presença de grafite compromete a precisão no início do processo, possivelmente devido à diminuição do atrito ou à interferência nas condições iniciais do sistema.

Nas posições intermediária e final, ambos os tratamentos apresentaram desempenhos elevados e estatisticamente equivalentes. Esses resultados indicam que, a partir das posições intermediárias, o impacto do grafite na leitura é reduzido, e o sistema opera com alta precisão independentemente do tratamento.

FIGURA 8 – PRECISÃO DE LEITURA PELA POSIÇÃO DO SENSOR VS USO DO GRAFITE



Fonte: A autora (2024).

A análise dos resultados sugere que a presença de grafite pode influenciar negativamente a precisão e consistência das medições, especialmente quando o sensor está posicionado na fase inicial da medição. Isso ocorre devido à falha na identificação da passagem de parte das sementes depositadas, um fenômeno que pode ser atribuído ao aumento da distância entre os elementos emissores e receptores do sensor, o que compromete sua eficiência, conforme descrito por Cay et al. (2017). Este efeito é intensificado pela maior fluidez do material proporcionada pelo grafite, que acelera a passagem das sementes pelo sensor. Como resultado, o tempo de interação entre as sementes e o sensor é reduzido, prejudicando a precisão das medições iniciais.

Além disso, é importante destacar que o sistema de semeadura não está completamente estabilizado na fase inicial de operação, o que, somado ao efeito do grafite, contribui para uma maior instabilidade nas medições. Isso compromete ainda mais a confiabilidade dos dados nesse estágio inicial. Por outro lado, à medida que o processo avança para as posições intermediária e final, a velocidade e o fluxo do material tendem a se estabilizar, o que reduz o impacto do grafite e permite que o sistema alcance uma maior precisão nas medições. Essa estabilização, portanto, possibilita que os sensores nos estágios posteriores do processo forneçam resultados mais confiáveis.

O uso de lubrificantes sólidos, como o grafite ou o pó secante, tem sido sugerido como uma solução para minimizar o atrito entre as sementes e o mecanismo dosador, facilitando o fluxo e a adaptação das sementes aos orifícios do disco, conforme argumentado por Hentschke (2002). Contudo, é fundamental observar que o aumento da fluidez, ao promover a aceleração da passagem das sementes, pode comprometer a precisão de determinados sensores, especialmente nas etapas iniciais da medição. Esse efeito pode exigir o uso de lubrificantes sólidos com propriedades distintas, que minimizem o impacto sobre as características ópticas ou mecânicas que interferem no desempenho do sensor, garantindo a eficiência do sistema de monitoramento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises indicam que o uso de grafite impacta negativamente as medições de precisão na posição superior do sensor, comprometendo a leitura. Já nas posições intermediária e inferior, o desempenho é comparável ao tratamento sem grafite, demonstrando níveis adequados de precisão.

A posição de montagem do sensor apresentou diferenças na sensibilidade de leitura, com a posição superior sendo a menos precisa. As posições intermediária e inferior demonstraram maior consistência, com resultados mais próximos da distribuição real das sementes no sulco de semeadura.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, F. et al. Sowing uniformity of bed-type pneumatic maize planter at various seedbed preparation levels and machine travel speeds. **International journal of agricultural and biological engineering**, v. 14, n. 1, p. 165–171, 2021.
- AL-HASHEMI, HM et al. Uma revisão sobre o ângulo de repouso de materiais granulares. **Powder technology**, v.330, n.1, p.397-417, 2018
- Anghinoni, M. **Mecanismos dosadores de sementes e velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora nos componentes agronômicos do milho**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS
- ANZILIERO, D. Histórico de Semeaduras no Brasil: Ênfase em Inovação. **Epitaya E-books**, [S. l.], v. 1, n. 10, p. 20-33, 2021.
- BORGES, D. R. S.; MOTA, D. H. da. Influência de velocidades diferentes na semeadura da soja. In: XIV Congresso Mineiro de Inovações Agropecuárias, 6 a 10 de nov. 2023, Patos de Minas, MG. **Anais...** Patos de Minas: UNIPAM, 2023. p. 65.
- BORTOLI, A. C. **Tratamento de sementes: métodos e importância**. 2019. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018
- Carpes, D. P., Alonço, A. dos S., Moreira, A. R., Possebon, G., Pires, A. de L., & Alonço, P. do A. *Distribuição longitudinal de sementes de soja com diferentes métodos de tratamento fitossanitário por um dosador de disco alveolar horizontal*. **Nativa**, 6(5), 486-490, 2018.
- CARVALHO, N. S. et al. REVISÃO: A IMPORTÂNCIA DA SOJA PARA O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. Em: **Fitotecnia, sistemas agrícolas ambientais e solo**. [s.l.] Atena Editora, 2023. p. 52–62.
- CARVALHO, Ricardo Silva de et al. **Eficiência de fungicidas em mistura com inseticida no manejo de ferrugem asiática da soja**. 2022.
- CAY, A. et al. Desenvolvimento de um sistema de medição optoeletrônico para testes de laboratório de plantadeira. **Measurement**, v.102, p.90-95, 2017
- Cintra, P.H.M., Compagnon, A.M., Arriel, F.H., Ventura, G. S., Dos Santos, M.L. 2020. Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja. **Brazilian Applied Science Review**, 4(3), 1206-1221.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Brasília, 2024. Vol. 11 - Safra 2023/2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0> . Acessado em 04 de novembro de 2024.

GOMES, Anderson Ravanny de Andrade. **Avaliação de sensores ópticos para monitoramento da operação de semeadura em milho e soja**. 2018.

GRACIETTI, Eduardo Alves. **Avaliação da deposição de sementes de soja com tratamento industrial e "on farm"**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

ISO 7256/1-1984(E) Standard, 1984. Sowing equipment-test methods e Part one, single seed drills (precision drills), 7256/1, **International Organisation for Standardization**. Geneva, Switzerland.

JASPER, R.; JANSZN, U.; JASPER, M.; GARCIA, L. Distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 292-299, 2006.

JASPER, R. et al. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 31, n. 1, p. 102-110, jan./fev. 2011.

JASPER, S. P.; Bueno, L. S. R.; Laskoski, M.; Langhinotti, C. W.; Parize, G. L. Desempenho do trator de 157KW na condição manual e automático de gerenciamento de marchas. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 55-60, 2016.

J.Assy. *Manual de instruções Selenium V5*. [S.l.]: J.Assy, [2024]. 40 p.

KARIMI, H. et al. Avaliando um sistema de monitoramento de semeadora baseado em infravermelho sob condições operacionais de campo. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.162, p.543-551, 2019.

KUMAR, R.; RAHEMAN, H. Detecção de fluxo de sementes no tubo de distribuição de sementes e entupimento da bota de uma semeadora. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.153, p.266-277, 2018

MADALUZ, J. C.; ALCIR, J. M.; FREITAS, J. P. X.; CAMPOS, J. D. R.; BAESSO, M. M.; DOTTO, L.; TROGELLO, E. Distribution of corn plants in a pneumatic system with different vacuum pressure adjustments and seed sieves. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 14, n. 10, p. 1568-1574, 2020.

Maia, R. N. (2022). **Máquinas semeadoras pneumáticas: confecção de vácuo-compressor para acionar dosadores de sementes**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

MANTOVANI, E.C.; MANTOVANI, B.H.M.; CRUZ, I.; MEWES, W.L.C.; OLIVEIRA, A.C. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.93-8, 1999.

MAPA – Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - **Agrostat** - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível: <https://mapa->

indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Agrostat/Agrostat.html. Acesso em: 17 nov. 2024

MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja. Santa Maria: **Editora GR**, 2022. 528 p. ISBN 978-65-89469-57-5.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas para plantio, 1. ed. Campinas: **Millenium Editora**, p.623. 2012

MOLETA, Igor et al. Desempenho de semeadora-adubadora pneumática e mecânica em diferentes velocidades na soja. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e4629107947-e4629107947, 2020

MONDO, Vitor Henrique Vaz et al. Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 143-155, 2012.

MOTA, M. C.; LIMA, O. N. DE. Effect of seeding speed and graphite lubricant on soybean plantability. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 29, n. 3, 2024.

OGLIARI, André. **Estudo e desenvolvimento de mecanismos dosadores de precisão de máquinas semeadoras**. 1990. 174p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

OLIVEIRA NETO, E. M. de. **Efeito de fungicidas no tratamento de sementes de milho sobre *Penicillium Spp.* e *Fusarium verticillioides***. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Agronomia de Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Uberlândia - MG. 2022..

PARIZ, Sabrina. **Levantamento da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de hortaliças**. 21f. 2020. Unicesumar - Universidade Cesumar: Maringá 2020

PEREIRA, J. C.; MARQUES FILHO, A. C.; SOUZA, F. L. P.; SILVA, P. R. A. Plantabilidade e influência da aplicação de grafite associado ao tratamento químico de sementes de soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 8, n. 3, e5997, jul./set. 2021.

REIN JUNIOR, Osvaldo. **Proposta de arquitetura de um sistema computacional de gerenciamento de subestações de distribuição aderente às recomendações do IEC para Smart Grid**. 2016. Tese (Doutorado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2016.

REIS, A.V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. 2003. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROCHA, F. E. C.; CUNHA, J. P. A. R.; FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M. Avaliação de três mecanismos de distribuição de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.5, p.743-750, 1992.

ROCHA, Gustavo Cruvinel et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas-Physiological quality of treated and stored soybean seeds. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 50-65, 2017.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; OLIVEIRA, R. B.; VILLEN, A. C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadoraadubadora de precisão. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011

SANTOS, Kerlycienne Fernandes dos, Universidade Federal de Viçosa, June, 2023. **Telemetry: analysis of potentialities and challenges in the central region of Brazil**. Adviser: André Luiz de Freitas Coelho. Coadviser: Charles Cardoso Santana

SAVI Daniel et al. Graphite action on the longitudinal distribution of soybean seeds in mechanical and pneumatic feeders. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 45, p. e57920-e57920, 2023

SAVI, D. et al. Seed sensor position on seeder performance at varying speeds. **Ciencia rural**, v. 54, n. 3, 2024.

SAVI, Daniel et al. Influence of seed tube curvature on seed longitudinal distribution. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 40, p. 732-739, 2020.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). Mecanização: operação e regulação de semeadoras-adubadoras de sementes graúdas. Brasília: **SENAR**, 2017. 144 p. (Coleção SENAR, 194). ISBN: 978-85-7664-177-3.

SILVA, J. G. DA; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. DA. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia agricola**, v. 57, n. 1, p. 7–12, 2000

SILVA, Wanderson de Vasconcelos Rodrigues da. Transformações na agricultura: uma abordagem crítica sobre a agricultura de precisão. **IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)**, [S.l.], v. 25, n. 12, ser. 5, p. 37-50, dez. 2023. e-ISSN 2278-487X, p-ISSN 2319-7668.

SOYOYE, B. O.; Ademosun, O. C.; Agbetoye, L. A. Determination of some physical and mechanical properties of soybean and maize in relation to planter design. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 20, n. 1, p. 81-89, 2018.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores Industriais; Fundamentos e Aplicações. 7ª ed. São Paulo: **Érica Ltda**. 2011.

USDA – **United States Departamento of Agriculture. 2024**. Disponível em: [PSD Online](#). Acesso em 17 nov. 2024.

Valdes, C., Gillespie, J., & Dohlman, E. (2023). *Soybean production, marketing costs, and export competitiveness in Brazil and the United States* (Report No. EIB-262). **U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.**

XIONG, D.; WU, M.; XIE, W.; LIU, R.; LUO, H. Design and experimental study of the general mechanical pneumatic combined seed metering device. **Applied Sciences**, Basel, v. 11, n. 16, p. 7223, 2023.