

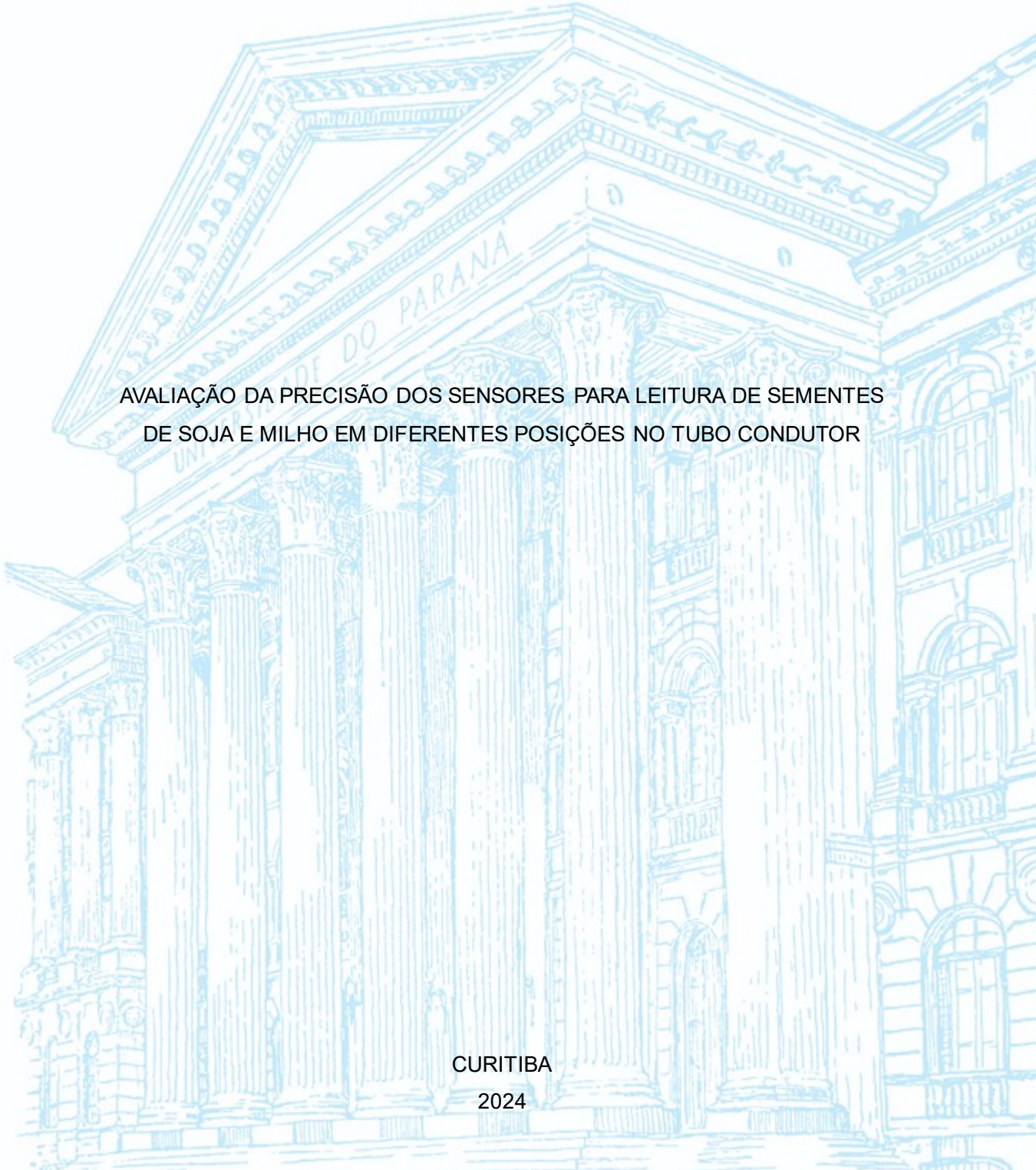
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO EDUARDO REDIVO

AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DOS SENSORES PARA LEITURA DE SEMENTES
DE SOJA E MILHO EM DIFERENTES POSIÇÕES NO TUBO CONDUTOR

CURITIBA

2024



PEDRO EDUARDO REDIVO

AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DOS SENSORES PARA LEITURA DE SEMENTES
DE SOJA E MILHO EM DIFERENTES POSIÇÕES NO TUBO CONDUTOR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Agronomia, Setor de Ciências
Agrárias, da Universidade
Federal do Paraná, como
requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Samir Paulo
Jasper.

CURITIBA

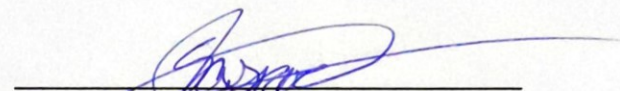
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

PEDRO EDUARDO REDIVO

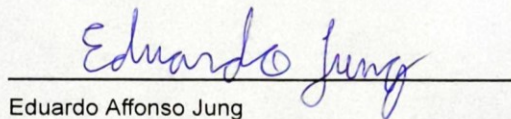
AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DOS SENSORES PARA LEITURA DE SEMENTES DE SOJA E MILHO EM DIFERENTES POSIÇÕES NO TUBO CONDUTOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.



Orientador – Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal Do Paraná, Setor de Ciências Agrárias



Eduardo Affonso Jung

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal Do Paraná, Setor de Ciências Agrárias



Eng. Agrônomo William Santiago Mendonça

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal Do Paraná, Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 13 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por tornar esse sonho possível e permitir que eu chegasse ao final da graduação com muita bagagem, sem muitos colegas, mas sim com bons amigos que me acompanharam ao longo dessa jornada.

Agradeço à minha família, ao meu pai Pedro, que me apoiou, aconselhou e me inspirou na realização desta graduação, sempre presente e com palavras de incentivo. À minha mãe Salvadora, pelo suporte durante os anos de graduação e pelas palavras de conforto em momentos difíceis. Ao meu irmão Paulo, pelas conversas de descontração e pelo apoio também durante esses anos de faculdade.

Agradeço a minha namorada, Evillin, por me auxiliar durante o processo de realização deste trabalho e por fazer parte de todos os anos da minha graduação, sempre ao meu lado e me apoiando, incentivando e trazendo leveza para momentos de dificuldade, seu apoio e companhia durante esses anos com certeza foi essencial.

Aos meus professores por transmitirem o conhecimento e habilidades necessárias para meu desenvolvimento profissional ao longo do curso.

Agradeço a toda equipe do LATA, Prof. Dr. Samir Jasper, Gabriel, Jung, Gracietti e William, que trouxeram esclarecimentos em momentos de dúvida, sempre buscaram auxiliar durante a elaboração deste trabalho e também fizeram parte da minha graduação como bons amigos.

Agradecimento especial aos meus amigos que fizeram e alguns que ainda fazem parte da minha vida, Nicolas, Marcos, Eduardo, Letícia, Khalil e outros que não foram citados que com toda certeza trouxeram leveza ao processo e criaram momentos que guardarei na memória como uma agradável lembrança do tempo que passei com as melhores companhias no melhor lugar para se estar, perto de pessoas especiais.

“Dedico este trabalho ao meu pai, que sob muito sol, me fez chegar até aqui,
na sombra.”

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a precisão do sensor nas diferentes posições de leitura para as culturas de milho e soja. 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 das sementes de soja (soja e milho) e as três posições do sensor de sementes (posição superior, intermediária e inferior do tubo condutor). Cada tratamento foi composto por 10 repetições, e cada repetição consistiu de 300 sementes, totalizando 18.000 unidades experimentais. As sementes de soja foram caracterizadas quanto suas dimensões e massa de mil grãos. Nos resultados observou-se que a posição superior para ambas as sementes diferiu estatisticamente das posições intermediária e inferior.

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

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the sensor's accuracy at different reading positions for corn and soybean crops. The study was conducted at the Laboratory of Agricultural Tractor Adaptation (LATA), part of the Agricultural Sciences Department (SCA) of the Federal University of Paraná (UFPR). The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 2×3 factorial scheme, corresponding to two main factors: the type of seeds (soybean and corn) and the three sensor positions in the seed tube (upper, intermediate, and lower positions). Each treatment consisted of 10 replications, with each replication comprising 300 seeds, totaling 18,000 experimental units. The soybean seeds were characterized by their dimensions and thousand-grain weight. The results showed that the upper position for both seeds differed statistically from the intermediate and lower positions.

Keywords: Plantability; Precision agriculture; Sowing uniformity; Sensors

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 CULTURA DA SOJA.....	9
2.2 CULTURA DO MILHO	10
2.3 SEMEADURA MECANIZADA	10
2.3.1 SEMEADORA ADUBADORA E MECANISMOS DOSADORES.....	11
2.4 SENSORES.....	12
2.5 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 ANÁLISE POR POSIÇÃO DOS SENSORES.....	21
4.2 ANÁLISE POR TIPO DE SEMENTE.....	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
6 REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

De acordo com CEPEA (2022), no ano de 2021, o agronegócio vivenciou uma alta de preços na venda de suas produções e sua participação na parcela do PIB nacional partiu para 27,4%, uma participação alta para o setor.

Em 2023, o PIB nominal da cadeia produtiva da soja, incluindo o biodiesel produzido do grão, foi de R\$ 635,9 bilhões, uma redução de 0,9% em comparação a 2022 devido à queda nos preços, segundo a Abiove e o Cepea/Esalq. Apesar disso, o setor respondeu por 23,2% do PIB do agronegócio brasileiro e 5,9% do PIB nacional. O PIB nominal da produção nacional de soja foi de R\$171,2 bilhões no ano de 2023 (LOPES, 2024).

Ainda de acordo com CEPEA, (2024), o agronegócio representa 21,8% do PIB nacional. O que demonstra a representatividade do setor no desempenho econômico do país.

De acordo com CONAB, (2024) a área de milho cultivada na safra 23/24 foi 10,7% menor que na safra anterior, representando 3,97 milhões de hectares, com a produção média de 5.784 Kg/ha. Da produção nacional de milho, aproximadamente um terço é exportado e dois terços são absorvidos pelo mercado interno, onde, a maior parte deste montante não exportado é destinado a alimentação animal e o restante é destinado a alimentação humana ou produção de biocombustíveis.

De acordo com Whigham, Minor, Carmen (1978), as variáveis de manejo para a cultura da soja podem representar cerca de 56% da produtividade final, mesmo entre diferentes locais com diferentes condições climáticas.

Para alcançar sucesso na implantação e no desenvolvimento de uma lavoura, é essencial que a operação de semeadura seja realizada adequadamente, abrangendo desde o preparo do solo até a correta regulagem das máquinas semeadoras-adubadoras, de modo a assegurar uma população de plantas uniforme na deposição das sementes. (GOMES, 2018).

O conceito de plantabilidade é amplamente utilizado para determinar qualidade na semeadura, que é definida por fatores como a singulação e o coeficiente de variação (Zardo, Casimiro, 2016). De acordo com Savi et. al (2024), a qualidade e acurácia na distribuição de sementes em conjunto com a velocidade de plantio são essenciais para o desempenho produtivo da lavoura.

No processo de semeadura mecanizada, sensores e monitores corroboram para que o sucesso do estabelecimento da cultura seja alcançado (CORREIA et al, 2017). Estes equipamentos tornam possível que o operador disponha de dados em tempo real para que uma intervenção seja executada logo que o ato falho seja identificado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA SOJA

A soja, originária da China, evoluiu de plantas selvagens ao longo do Rio Yangtze, sendo domesticada e valorizada como grão há mais de 4 mil anos. Graças à "tropicalização" realizada por cientistas brasileiros, tornou-se viável em regiões tropicais, transformando o Brasil em um dos principais produtores mundiais, ao lado de Estados Unidos, Argentina, China, Índia e Paraguai, com impacto global crescente desde os anos 1980. (EMBRAPA, 2020).

O levantamento mais recente aponta uma produção total de 147.381,8 mil toneladas, representando uma redução de 4,7% em comparação à safra 2022/23, sendo a segunda maior colheita registrada no Brasil. (CONAB, 2024).

A previsão aponta uma produção de 166.143,4 mil toneladas, representando um aumento de 12,5% em relação à safra 2023/24. Até este ponto, as condições climáticas têm sido favoráveis para o desenvolvimento das lavouras em todas as principais regiões produtoras. (CONAB, 2024).

O agronegócio tem sua origem vinculada ao setor primário da economia, abrangendo atividades relacionadas à produção de alimentos e matérias-primas, seja pelo cultivo de plantas ou pela criação de animais. Nesse contexto, a soja se consolidou como um dos principais produtos responsáveis por impulsionar o desenvolvimento do agronegócio brasileiro, sendo fundamental para o crescimento econômico do país. (BARCELLOS *et al.*, 2022).

Atualmente, no cenário global do agronegócio, a soja ocupa posição de destaque como a principal oleaginosa cultivada, com um papel significativo na balança comercial internacional. Seu crescimento está ligado à implementação de práticas agrícolas inovadoras, aos avanços

científicos e ao uso de tecnologias modernas, que impulsionam o desenvolvimento e a eficiência do setor produtivo. (CARVALHO *et al.*, 2023).

2.2 CULTURA DO MILHO

O milho é uma das culturas de maior importância para o Brasil, teve produção estimada em 111,6 milhões de toneladas na safra 23/24, com a produção média de 5.415 kg por hectare. Da produção total brasileira aproximadamente 60% a 65% é absorvido pelo mercado interno, que dedica estes recursos a alimentação humana, animal e fabricação de biocombustíveis (EMBRAPA, 2024).

2.3 SEMEADURA MECANIZADA

O processo de semeadura das sementes de soja, é uma etapa de extrema importância, dado que é nessa fase do processo de estabelecimento da cultura que devemos atingir a população e uniformidade de plantas desejada e que afeta diretamente a produção final da lavoura, portanto, deve ser uma operação realizada com extremo rigor. (SIQUEIRA *et al.*, 2024).

A obtenção do estande ideal de plantas depende, essencialmente, do ajuste no fluxo de sementes na semeadora e é realizado com base na qualidade do lote de sementes utilizado para corrigir a densidade. No entanto, outros fatores envolvidos no processo podem dificultar a concretização do estande desejado e posterior evolução das plantas de forma adequada. (MARTIN, PIRES, 2022).

De acordo com Alipour, Shahgholi, Jahanbakhshi, (2022), um dos motivos que podem levar a obtenção de um estande de ótima qualidade é o bom funcionamento dos dispositivos utilizados, como o dosador pneumático, que é o responsável por dosar as sementes no solo de modo uniforme e equivalente. A deposição precisa das sementes no sulco de plantio culmina no bom estabelecimento de plantas e estande final da cultura.

A velocidade de semeadura influencia diretamente na distribuição longitudinal das sementes. A velocidade ideal é a que permite a abertura e fechamento do sulco sem excessiva movimentação do solo, garantindo distribuição constante de espaçamento e profundidade das sementes (KOOPEL, KLUTHCOUSKI, SILVEIRA, 2017).

2.3.1 SEMEADORA ADUBADORA E MECANISMOS DOSADORES

As semeadoras-adubadoras podem ser equipadas com diversos tipos de mecanismos dosadores de sementes, sendo os mais comuns, dosador mecânico e dosador pneumático. Normalmente, esses dispositivos são instalados a alguns centímetros do solo, portanto, após as sementes serem dosadas, percorrem uma longa distância em queda livre através do tubo condutor, até alcançarem o solo (SILVA et al., 2000).

As semeadoras também desempenham a função de aplicação de fertilizantes durante o processo de semeadura, sendo, por isso, denominadas semeadoras-adubadoras. Durante a operação, essas máquinas têm a tarefa de dosar e distribuir tanto as sementes quanto o fertilizante no sulco de plantio, garantindo as condições ideais para o desenvolvimento adequado da lavoura no campo (COPETTI, 2004).

Conforme Mialhe (2012), no Brasil, as semeadoras-adubadoras de precisão mais empregadas utilizam mecanismos dosadores a vácuo ou discos horizontais (mecânico). O espaçamento em que as sementes são depositadas no solo é influenciado tanto pelo tipo de sistema dosador utilizado quanto pela velocidade de operação durante a semeadura, o que pode resultar em irregularidades na distribuição das sementes.

Os dosadores do tipo mecânico destacam-se por sua estrutura simplificada, dimensões reduzidas e baixo custo, contudo, possuem limitações na adaptação para semeadura de precisão, causam danos às sementes e irregularidades de semeadura decorrente de sua precisão limitada. Por outro lado, a semeadura pneumática permite alcançar precisão na deposição de sementes individuais, entretanto, esse sistema possui uma estrutura mais complexa, exigindo alta precisão na fabricação e vedação eficiente durante o funcionamento (XIONG, *et al.*, 2021).

2.4 SENSORES

De acordo com Thomazini, Albuquerque (2011), sensor é o termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.

De acordo com Pacheco (2016), a telemetria é uma tecnologia que possibilita a aferição e a transmissão sem fio de dados relevantes para o operador do sistema.

De acordo com Patsko (2006), sensor é definido como um instrumento que seja capaz de verificar alguma condição específica do

ambiente. Esta condição pode variar desde aspectos simples, como temperatura ou umidade, até parâmetros mais complexos, como a velocidade de aceleração de um automóvel. Já para Thomazini; Albuquerque, (2011) o termo sensor refere-se a dispositivos sensíveis e capazes de detectar algum tipo de energia, como luz, calor, umidade ou movimento, e fornecer informações sobre uma grandeza específica que necessita ser verificada com frequência, como temperatura, posição ou velocidade.

Sensores ópticos são dispositivos eletrônicos de sinalização e controle que realizam a detecção de materiais sem a necessidade de contato mecânico. Seu princípio de funcionamento depende da interação entre um componente emissor e de um componente receptor. Dessa forma, a luz emitida pelo emissor deve alcançar o receptor com certa intensidade, que seja suficiente para acionar a saída do sensor (GOMES, 2011).

A utilização de sensores ópticos tem ganhado espaço como uma solução inovadora nas operações de semeadura, facilitando o controle da distribuição de sementes e contribuindo para alcançar o estande ideal de plantas. Esses dispositivos são formados por sistemas de LEDs, com um componente emissor e outro receptor, que identificam a passagem das sementes e enviam os dados em tempo real para os monitores de semeadura que são assistidos pela pessoa responsável pela condução do conjunto máquina e implemento durante a operação de plantio (GOMES, 2018).

Para alcançar os rendimentos de colheita esperados, é fundamental que as sementes de grãos sejam distribuídas na quantidade ideal por hectare e de maneira uniforme ao longo do campo. Para atingir esse

objetivo, é necessário controlar as taxas de semeadura com o máximo de precisão possível em curtas distâncias. (LIU *et al.*, 2021).

2.5 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE

O conceito de plantabilidade refere-se à qualidade da distribuição das sementes tanto na vertical, dentro do sulco de plantio, quanto na horizontal, considerando o espaçamento entre as sementes ao longo da fileira de semeadura. A uniformidade da deposição das sementes no campo resulta em lavouras bem estruturadas, com menor competição entre as plantas do estande, permitindo que cada planta tenha acesso a condições semelhantes para seu desenvolvimento (MARTIN, PIRES, VEY, 2022).

Para a obtenção de condições semelhantes, em relação ao espaçamento horizontal, esses espaços podem ser maiores ou menores do que o ideal, é onde surge a denominação de espaços falhos ou duplos.

Para determinar se um espaço é falho ou duplo, devemos nos atentar ao posicionamento das sementes ao serem depositados no solo, se respeitam o espaço ideal entre plantas na fileira, este espaço ideal é obtido dividindo um metro linear pela população de plantas na fileira. Obtido o espaço ideal, é considerado uma “falha” quando o espaço entre sementes ultrapassa o valor de 1,5 vezes o espaço ideal, enquanto que para ser considerado uma “dupla”, o espaço entre sementes deve estar inferior a 0,5 vezes o espaço ideal. Em casos que não atendam os critérios para serem considerados dupla ou falhas, o espaçamento entre sementes é considerado ideal e aceitável (MARTIN, PIRES, VEY, 2022).

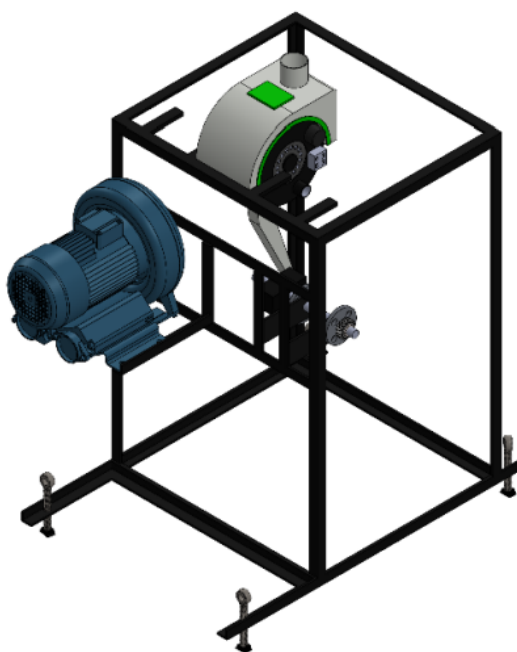
Uma distribuição errônea das sementes pode resultar no aproveitamento ineficaz dos recursos, tal como recursos luminosos,

hídricos e nutricionais, afetando a produção final da cultura. A concentração de plântulas em alguns pontos da linha de plantio pode causar o estiolamento de plantas e diminuição da ramificação (engalhamento), o que diminuiria a produção final por planta e diminuiria o diâmetro da haste, facilitando o acamamento (MARTIN, PIRES, VEY, 2022).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios referentes a avaliação da leitura dos sensores em três posições distintas foram realizados no Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA), pertencente ao setor de ciências agrárias (SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde foi utilizada uma bancada estática de semeadura, que possibilitou a simulação e avaliação da distribuição de sementes de soja e milho pelo equipamento em uma simulação de plantio.

FIGURA 1 - BANCADA ESTÁTICA DE SIMULAÇÃO



FONTE: Gracietti (2023).

Foi utilizado o dosador Selenium Elétric (J. Assy®), indicado na Figura 2, um modelo pneumático que é acionado por um motor elétrico. Também foi utilizado o disco J. Assy®, como indicado na Figura 3, com 55 orifícios de 4,0 mm, com seu singulador e ejetor.

FIGURA 2 - DOSADOR PNEUMÁTICO DE SEMENTES SELENIUM ELETRIC J. ASSY®



FONTE: J. Assy® (2024)

FIGURA 3 - CONJUNTO DE DISCO J. ASSY®



FONTE: J. Assy® (2020)

O conjunto utilizado operou sob um vácuo de 4,48 kPa, mantido pelo compressor radial modelo CR-3 IBRAM (Brazilian Machinery Industry®). O sistema elétrico do Selenium Elétric foi alimentado por uma fonte desenvolvida no próprio laboratório. Esta fonte é capaz de converter uma tensão de 110V para 24V, tensão de trabalho do Selenium Elétric. Ainda, é possível ajustar a tensão e a corrente fornecida ao sistema.

A velocidade de semeadura simulada para os testes realizados para a soja e para o milho foi 7 km/h, uma velocidade julgada ideal para o plantio da cultura da soja e milho utilizando-se do dosador pneumático (BRASMAX, 2020). Para que a taxa de deposição de sementes estabelecida fosse alcançada, foi definido que a taxa de rotações por minuto (RPM) do disco de semeadura para a cultura da soja seria de 24,606 e para a cultura do milho seria de 5,727.

Esta faixa de RPM foi definida pelo número de furos no disco de semeadura, o que representa a quantidade de sementes depositadas a cada volta do disco, velocidade de semeadura, e espaçamento entre linhas na simulação. Alcançou-se a faixa de RPM para os grãos de soja com uma tensão de 6.76V e uma corrente de 1.34A, enquanto que para os grãos de milho, foram utilizadas, tensão de 3.05V e uma corrente de 1.19A, que foram fornecidas pela fonte ao dosador.

A bancada em questão utiliza de um sistema de aquisição de dados (SAD), composta por uma placa de circuito impresso (PCI), que foi projetada no software Proteus 8.1 (Labcenter Electronics, UK), fabricado na fresadora LPKF Protomat 93s. A placa em questão foi conectada a um microcomputador modelo AT Mega 328 (Atmel®).

A aquisição de dados foi estabelecida na frequência de 1Hz, sendo sincronizada com a passagem das sementes que são detectadas pelos três sensores posicionados ao longo do tubo condutor. Os sensores são conectados ao SAD, onde após o recebimento dos dados, são transferidos para um disco rígido onde são armazenados.

Os sensores consistem em duas partes, a primeira sendo o emissor de uma luz infravermelha e a segunda parte, a receptora do sinal, que captura a luz emitida pela primeira parte. A identificação da passagem das sementes se dá quando o feixe de luz infravermelha é interrompido pela passagem da mesma. Quando ocorre essa interrupção do sinal do emissor ao receptor, ocorre a leitura de uma unidade de semente.

As dimensões das sementes foram determinadas realizando a leitura da largura, comprimento e profundidade de cada unidade em uma amostra de 100 unidades, com o auxílio de um paquímetro.

O peso de mil grãos (PMG) foi determinado a partir de dez amostras padrão de 300 sementes cada, pesadas em uma balança semianalítica BK-5002 (Gehaka Ltda®), com precisão de 1×10^{-2} g. Obteve-se a massa média das amostras, então aplicou-se o valor na seguinte fórmula:

$$PMG = \frac{1000 * Média}{300}$$

A separação da amostra padrão foi realizada com o auxílio de um separador de sementes com capacidade para 300 grãos, em seguida, as sementes foram despejadas no sistema do dosador pneumático Selenium Eletric e então conduzidas ao tubo condutor, onde estavam posicionados os três sensores para a contagem das sementes. Cada um dos sensores

estava preso ao tubo condutor e ligados a um microcomputador que realizava a leitura dos dados que os sensores enviavam.

Cada um dos sensores realizava sua leitura de forma individual e sem interferência dos demais sensores e, ao final de cada repetição conseguimos observar o desempenho de cada um dos sensores em relação aos demais e em relação às sementes que foram depositadas no sistema.

Para este trabalho, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), para a estatística, utilizou-se o teste de Tukey a um grau de significância de 5%. Para cada parcela de teste foi utilizada uma amostra padrão, sendo realizadas 5 repetições para a soja e 10 repetições para o milho. Utilizou-se para este trabalho, sementes de soja da variedade Cordius e sementes de milho da variedade Anhembi.

A análise estatística foi conduzida para avaliar a precisão da leitura dos sensores na passagem das sementes de soja e milho em três posições distintas ao longo do tubo condutor.

O parâmetro avaliado foi a porcentagem de acurácia da leitura dos sensores em três posições distintas no tubo condutor, para dois tipos de sementes (soja e milho).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizadas as repetições com as amostras padrão, obteve-se os dados dispostos na Tabela 1.

TABELA 1 – RESULTADOS DE LEITURA DOS SENSORES EM RELAÇÃO A POSIÇÃO E AO TIPO DE SEMENTE

Tipo de semente	Posição do Sensor			Média
	Superior	Intermediário	Inferior	
Soja	93,30 Bb	97,77 Ba	99,17 Aa	97,28a
Milho	97,43 Aa	99,37 Aa	97,80 Aa	97,67a
Média	95,37 B	98,57 A	98,48 A	97,47

Fonte: O Autor (2024)

4.1 ANÁLISE POR POSIÇÃO DOS SENSORES

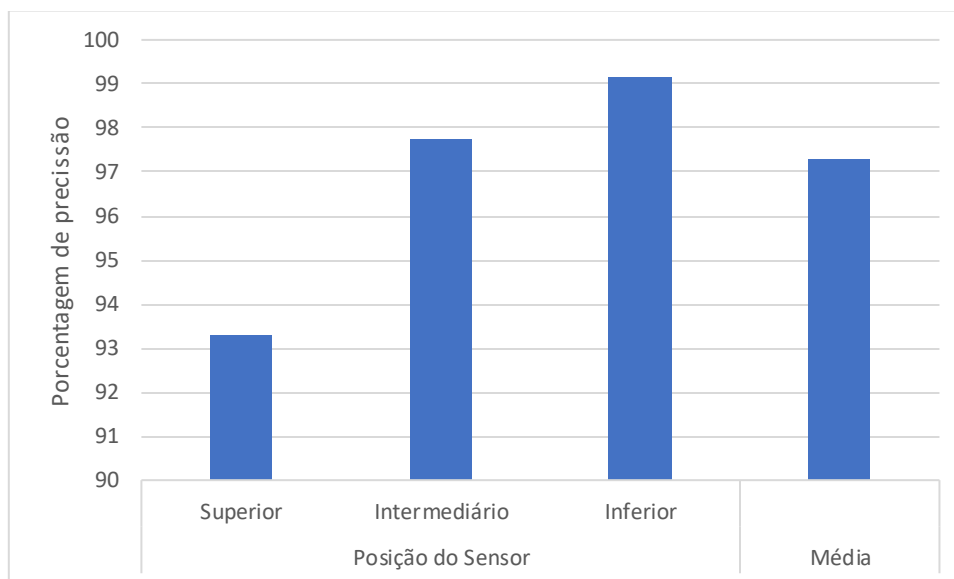
Os sensores nas posições intermediário e inferior não diferiram estatisticamente entre si, obtendo as melhores leituras no geral, entretanto, ambos diferiram do sensor na posição superior, que obteve a menor precisão entre os três nas leituras.

4.2 ANÁLISE POR TIPO DE SEMENTE

A amplitude total das leituras para a semente de soja foi de 5,87 pontos percentuais, refletindo significativa instabilidade na posição menos favorecida. Para a semente de soja, os sensores apresentaram uma precisão de leitura média de 97,28%, contudo, isso se deve apenas à menor precisão de leitura do sensor na posição superior, visto que os demais sensores alcançaram bons resultados.

A posição Superior obteve a menor leitura (93,30%), enquanto que as posições intermediário e inferior registraram 97,77% e 99,17%, respectivamente.

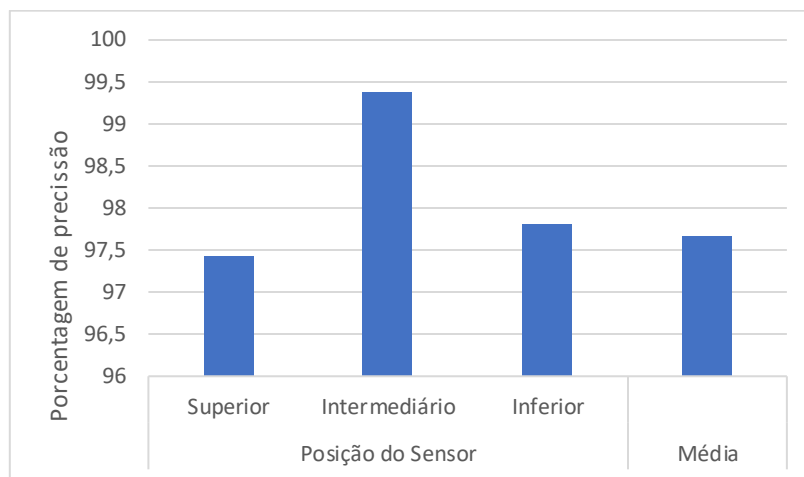
GRÁFICO 1 – RESULTADOS DE LEITURA DOS SENSORES EM RELAÇÃO AO TIPO DE SEMENTE (SOJA)



Fonte: O Autor (2024)

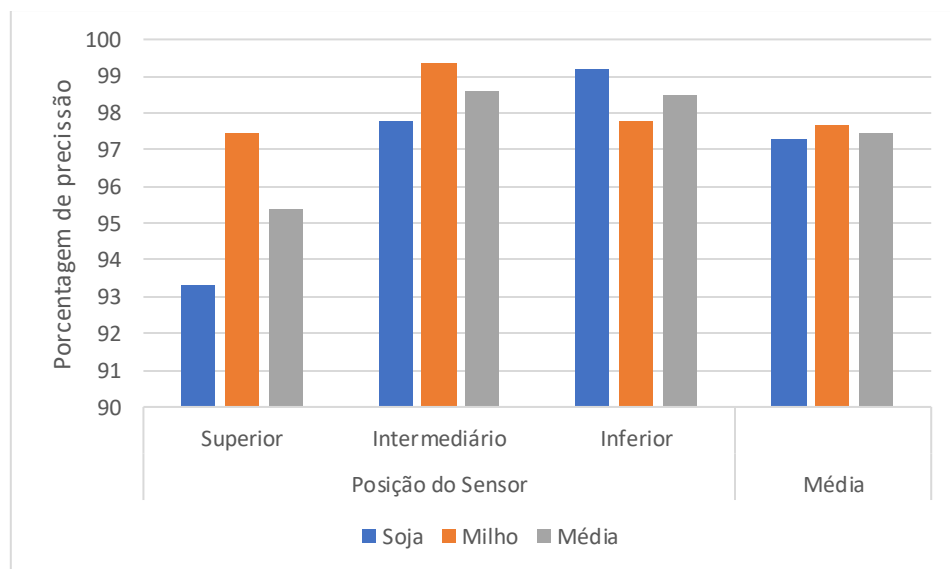
O milho apresentou uma média geral de leitura de 97,67%, com valores mais equilibrados nas três posições. As leituras dos sensores foram 97,43% na posição superior, 99,37% na intermediária e 97,8% na inferior. A amplitude total foi de apenas 1,94 pontos percentuais, evidenciando maior regularidade dos resultados em relação às sementes de soja.

GRÁFICO 2 – RESULTADOS DE LEITURA DOS SENSORES EM RELAÇÃO AO TIPO DE SEMENTE (MILHO)



Fonte: O Autor (2024)

GRÁFICO 3 – RESULTADOS DE LEITURA DOS SENSORES EM RELAÇÃO AO TIPO DE SEMENTE E POSIÇÃO DO SENSOR



Fonte: O Autor (2024)

A posição superior apresentou desempenho contrastante tanto entre as sementes (93,3% para a soja e 97,43% para o milho) quanto entre os demais sensores, apresentando menor média de leitura. As posições intermediária e inferior apresentaram médias semelhantes, 98,57% e 98,48% respectivamente.

No entanto, o sensor na posição intermediária apresentou melhor desempenho na leitura das sementes de milho, obtendo a média de 99,37% contra 97,77% na leitura das sementes de soja. Já em relação ao sensor na posição inferior, a soja superou o milho, alcançando 99,17% contra 97,80%. registrou as melhores leituras posição.

O milho demonstrou maior estabilidade e regularidade nos resultados, com menor amplitude e menor desvio absoluto médio. Em contrapartida, a soja apresentou maior variação, sendo afetada negativamente pela leitura mais baixa na posição superior. Entretanto, seu desempenho nas outras posições foi competitivo, especialmente na posição inferior, onde registrou sua maior leitura.

De acordo com Gierz *et al.* (2015) o sensor utilizado neste experimento é um sensor capaz de captar o momento exato da passagem de cada semente, alcançando uma precisão de 99% no número de sementes identificadas. Esta leitura permite ao operador da máquina, receber o feedback direto do tubo condutor em caso de haver falhas ou sementes duplas, permitindo a conferência em tempo real de condições de semeadura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que o milho apresenta maior estabilidade nas três posições analisadas, sendo menos afetado por possíveis variações ambientais ou operacionais. Enquanto que a soja, apesar de competitiva é mais sensível a condições específicas e apresentou maior variação entre as leituras dos sensores de diferentes posições.

Esses resultados destacam a importância de considerar a variabilidade das leituras em diferentes posições para uma análise agronômica mais precisa da operação.

6 REFERÊNCIAS

ALIPOUR, Nader; SHAHGOLI, Gholamhossein; JAHANBAKHSI, Ahmad. *Evaluation and comparison and the performance of pressurized and vacuum cylindrical distributors in soybean cultivation*. **Results in Engineering**, v. 16, p. 100546, 2022.

BARCELLOS, J. O. J.; LAMPERT, V. N.; GRUNDLING, R. D. P.; CANELLAS, L. C. **A empresa rural do Século XXI no Contexto do Agronegócio Brasileiro**. Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais – GEPAI/ UFSCar, 2012.

BRASMAX GENÉTICA. **Máximo rendimento no plantio da soja**. Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/maximo-rendimento-no-plantio-da-soja/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

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.

CEPEA/ESALQ-USP. PIB-Agro/CEPEA: **Baixos preços agropecuários pressionam PIB do agronegócio no 1º tri de 2024**. Piracicaba: CEPEA, 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 02 dez. 2024.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo segundo**

levantamento, safra 2023/24. Brasília: Conab, 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 6 dez. 2024.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: segundo levantamento, safra 2024/25.** Brasília: Conab, 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 6 dez. 2024.

COPETTI, E. Prevenir custa menos. **Cultivar Máquinas.** Pelotas, RS. n. 27, 2004.

CORREIA, Tiago Pereira da Silva; SOUSA, Saulo Fernando Gomes de; TAVARES, Leandro Augusto Felix; DIAS, Patrícia Pereira; SILVA, Paulo Roberto Arbex. Monitoramento da semeadura de soja com diferentes sensores ópticos de LED. **Revista Energia na Agricultura**, v. 32, n. 3, p. 215-220, 2017.

EMBRAPA. **Soja.** 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soybean>. Acesso em: 23 novembro 2024

EMBRAPA. **Dia Nacional do Milho: a importância do milho para o agronegócio brasileiro.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/89583335/artigo-dia-nacional-do-milho---a-importancia-do-milho-para-o-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 04 dez. 2024.

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

Tese (Doutorado em Agronomia: Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

GOMES, Samyr Alves. Chuveiro automático. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Computação) – **Centro Universitário de Brasília (UnICEUB)**, Brasília, 2011. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/3205/2/20615236.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024.

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGUI, W.; OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEREDO, A. S. T. Produtividade de milho segunda safra em função de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 1-6, 2017.

Liu, W., Hu, J.; Zhao, X.; Yao, M.; Lakhari, I.A.; Zhao, J.; Liu, J.; Wang, W. An Adaptive Roller Speed Control Method Based on Monitoring Value of Real-Time Seed Flow Rate for Flute-Roller Type Seed-Metering Device. **Sensors** **2021**, 21, 80.

LOPES, Fernando. INFO MONEY. PIB nominal da cadeia produtiva de soja e biodiesel caiu 0,9% em 2023 para R\$ 636 bi. São Paulo: **InfoMoney**, 04 abr. 2024. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/business/pib-nominal-da-cadeia-produtiva-de-soja-e-biodiesel-caiu-09-em-2023-para-r-636-bi/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas para plantio. Campinas: **Editora Millennium**, 1 edição, 2012, 648 p.

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.

OLIVEIRA, Wender Felipe Gonçalves de. **Manejo integrado da lagarta-roscas (*agrotis ipsilon*) na cultura da soja (*glycine max l*)**. 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Anhanguera, Rondonópolis, 2022.

PACHECO, Vitor Manuel Costa. **Telemetria para aplicação de sensores remotos na agricultura. 2016**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrônica Industrial e Computadores) – Universidade do Minho, Braga, 2016.

PATSKO, Luis Fernando. **Tutorial: aplicações, funcionamento e utilização de sensores**. 2006. Disponível em: https://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores.pdf

SAVI, Daniel; ZIMMERMANN, Gabriel Ganancini; JASPER, Samir Paulo; FERRAZ, Rafael da Silva; SOBENKO, Luiz Ricardo. Influência da posição do sensor de sementes da semeadora em diferentes velocidades de trabalho. **Ciência Rural**, v. 54, n. 3, 2024.

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**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 21-26, 2000.

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

WHIGHAM, D. K.; MINOR, H. C.; CARMEN, S. G. Effects of Environment and Management on Soybean Performance in the Tropics. **Agronomy Journal**, v. 70, n. 4, p. 620-624, 1978.

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, art. 7223, 2021.

ZARDO, Léo; CASIMIRO, Evandro Luiz Nogarolli. Plantabilidade de diferentes tecnologias de disco para semeadura sob duas velocidades. **Revista Engenharia na Agricultura**, Edição Especial, p. 90-99, 2016.