



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ISABELA OLIVEIRA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM DOSADOR DE SEMENTES DE DISCO
HORIZONTAL

FORTALEZA

2023

ISABELA OLIVEIRA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM DOSADOR DE SEMENTES DE DISCO HORIZONTAL

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Orientador (a): Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro

Coorientador (a): Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L698d Lima, Isabela Oliveira.
Desenvolvimento de um dosador de sementes de disco horizontal / Isabela Oliveira Lima. – 2023.
81 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
Coorientação: Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro.
1. Máquinas agrícolas. 2. Semeadura de precisão. 3. Controle de qualidade. 4. Plantabilidade. 5. Produtividade. I. Título.

CDD 630

ISABELA OLIVEIRA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM DOSADOR DE SEMENTES DE DISCO HORIZONTAL

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Aprovada em 21 / 12 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo, de Almeida Monteiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Elivânia Maria Souza Nascimento
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Profa. Dra. Karla Lúcia Batista Araújo
Centro Universitário Fametro (UNIFAMETRO)

Profa. Dra. Viviane Castro dos Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico:

A Deus, a meus pais Vicente e Maria José, as
minhas irmãs Allyni e Ana Cristina, e ao meu
filho Pietro, luz da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Funcap, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), pelo apoio intelectual a nós estudantes, e abertura total ao departamento de Engenharia Agrícola.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela orientação, ajuda e cuidado que sempre teve comigo, desde o início do mestrado até agora no fim do doutorado. Obrigada professor por ser espelho e exemplo de profissional.

Ao Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro, pela sua coorientação, ajuda, apoio e palavras de incentivo que levaram ao sucesso desse projeto.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti, Profa. Dra. Elivânia Maria Souza Nascimento, Profa. Dra. Karla Lúcia Batista Araújo, e Profa. Dra. Viviane Castro dos Santos, pelo tempo, ajuda e pelas valiosas colaborações e sugestões no trabalho.

Ao meu pai Vicente Ferreira Lima, minha mãe Maria José de Oliveira Lima, as minhas irmãs Ana Cristina e Allyni, as minhas sobrinhas Bárbara e Bruna, ao meu cunhado Paulo, e a toda minha família, pelo carinho, apoio, cuidado e confiança dedicados a mim em todos os momentos dessa caminhada.

Ao meu filho Pietro, que mesmo ainda tão pequeno me passa tanta força e coragem para enfrentar os desafios e melhorar como pessoa. Agradeço a Deus todos os dias por me conceder a honra de ser sua mãe e usufruir todos os dias da minha vida com você! Te amo vidinha!

Aos meus amigos do Departamento de Engenharia Agrícola, com os quais compartilhei minhas alegrias, choro, dúvidas e receios: Walisson, Liah, João José, Simone, Lilian, Alex e Wilson que se disponibilizaram a me ajudar em tudo que eu precisasse, tirando minhas dúvidas e me mostrando o melhor caminho a seguir.

Enfim, agradeço a todos da minha comunidade Lírio da Trindade que de uma forma especial torceram pelo meu crescimento e amadurecimento profissional e humano, me colocando sempre em suas orações. Muito obrigada a todos, amo vocês!

“Transportai um punhado de terra todos os dias
e fareis uma montanha”
-Confúcio-

RESUMO

A agricultura está adotando novas tecnologias para atender à crescente demanda de consumo de produtos agrícolas. A competição no setor impulsiona os produtores a buscar máquinas e equipamentos mais precisos. A eficiência do mecanismo dosador de sementes das semeadoras é crucial para aumentar a plantabilidade e a produtividade das culturas, especialmente aquelas sensíveis à variação populacional e ao espaçamento entre sementes na linha de semeadura. Um mecanismo dosador eficaz deve garantir espaçamentos adequados para maximizar a produtividade da cultura. O objetivo do trabalho é desenvolver e avaliar um protótipo de dosador de sementes de disco horizontal para semeadoras controlado por uma placa de desenvolvimento equipada com sensores, os quais garantirão a distribuição uniforme das sementes no campo. A metodologia proposta para o desenvolvimento do protótipo do dosador de sementes será desenvolvida de acordo com as metodologias de engenharia de projetos, utilizando o método de matriz morfológica para organização e seleção de hipóteses de projeto, onde as linhas são associadas às funções respectivas de uma máquina e as colunas hipóteses de variação dos parâmetros de funcionamento. Após o desenvolvimento e construção do mecanismo, o mesmo foi submetido a avaliação laboratorial variando a velocidade angular do disco (1,04 rad/s, 2,07 rad/s, 3,14 rad/s, 4,14 rad/s e 5,2 rad/s) e o enchimento do tanque do mecanismo dosador (150g, 75g, 37,5g). Também foi avaliado se o sistema interfere na viabilidade da semente como germinação e vigor. A eficiência do mecanismo dosador foi realizada por meio do controle estatístico do processo, com a finalidade de verificar as conformidades técnicas e propor melhorias. O planejamento, construção e análise do protótipo do dosador de sementes com disco horizontal foram executados de maneira efetiva. O sistema se revelou eficaz e dentro dos padrões de controle de processos. As sementes submetidas ao processo de dosagem não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si para viabilidade de germinação e vigor das sementes, indicando que o sistema de dosagem não afetou morfológicamente as sementes. A uma velocidade baixa (até 3,14 rad/s), o número de sementes simples dosadas pelo sistema registrou uma proporção próxima a estimada para sementes depositadas.

Palavras-chave: máquinas agrícolas; semeadura de precisão; controle de qualidade; plantabilidade; produtividade.

ABSTRACT

Agriculture is adopting new technologies to meet the growing consumer demand for agricultural products. Competition in the sector drives producers to seek more precise machines and equipment. The efficiency of the seed metering mechanism of seeders is crucial to increasing the plantability and productivity of crops, especially those sensitive to population variation and the spacing between seeds in the sowing line. An effective dosing mechanism must ensure adequate spacing to maximize crop productivity. The objective of the work is to develop and evaluate a prototype of a horizontal disc seed doser for seeders controlled by a development board equipped with sensors, which will guarantee uniform distribution of seeds in the field. The proposed methodology for developing the seed doser prototype will be developed in accordance with project engineering methodologies, using the morphological matrix method for organizing and selecting design hypotheses, where the lines are associated with the respective functions of a machine. and the columns hypotheses for variation of operating parameters. After the development and construction of the mechanism, it was subjected to laboratory evaluation varying the angular velocity of the disc (1.04 rad/s, 2.07 rad/s, 3.14 rad/s, 4.14 rad/s and 5.2 rad/s) and filling the dosing mechanism tank (150g, 75g, 37.5g). It was also evaluated whether the system interferes with seed viability such as germination and vigor. The efficiency of the dosing mechanism was achieved through statistical control of the process, with the purpose of verifying technical compliance and proposing improvements. The planning, construction and analysis of the horizontal disc seed metering prototype were carried out effectively. The system proved to be effective and within process control standards. The seeds subjected to the dosing process did not show statistically significant differences among themselves for germination viability and seed vigor, indicating that the dosing system did not morphologically affect the seeds. At a low speed (up to 3.14 rad/s), the number of simple seeds dosed by the system registered a proportion close to the estimated proportion for deposited seeds.

Keywords: agricultural machinery; precision seeding; quality control; plantability; productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Aplicações de IoT.....	30
Figura 2	-	Impressora 3D utilizada para a confecção das peças	35
Figura 3	-	Motor de passo Nema 23 da marca Fortek	36
Figura 4	-	Placa de Arduino UNO com extensão Shield CNC V3.....	37
Figura 5	-	Driver modelo DM 556 utilizado para o controle do motor de passo.....	37
Figura 6	-	Fonte de energia para o funcionamento do sistema no teste de bancada....	38
Figura 7	-	Curvas características de operação para diferentes valores de n para o teste em frente e verso normal para um nível de significância $\alpha = 0,05$	39
Figura 8	-	Medição das quantidades de sementes para a realização do experimento.....	42
Figura 9	-	Programa Universal G-Code Senter®.....	43
Figura 10	-	Seleção manual com a peneira classificadora de sementes.....	44
Figura 11	-	Umedecimento das folhas <i>Germitest</i> (a), sementes colocadas no papel (b), rolos de papel prontos (c), sementes envolvidas com os sacos plásticos (d), os recipientes na incubadora (e) e BOD com a temperatura ajustada (f)	46
Figura 12	-	Processo de umedecimento da semente para o teste de tetrazólio.....	47
Figura 13	-	Processo de retirada das subamostras e verificação da coloração das sementes.....	48
Figura 14	-	Ficha para anotação dos resultados do teste de tetrazólio para semente de soja.....	49
Figura 15	-	Matriz morfológica de um dosador de sementes. Conceito preliminar.....	51
Figura 16	-	Projeto geral do protótipo no programa AutoDesk Inventor®.....	52
Figura 17	-	Visão do projeto e do protótipo físico.....	53
Figura 18	-	Descrição das partes do protótipo.....	53
Figura 19	-	Esquema do protótipo dosador de sementes interligado no software para a avaliação em laboratório.....	56

Figura 20 -	Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes simples com o uso do ejetor.....	58
Figura 21 -	Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes simples sem o uso do ejetor	59
Figura 22 -	Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes duplas com o uso do ejetor	59
Figura 23 -	Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes duplas sem o uso do ejetor	60
Figura 24 -	Carta de controle estatístico do processo para variação geral de estudo.....	60
Figura 25 -	Sementes germinadas após 5 dias do início do teste. Sementes que não passaram no mecanismo dosador (A) e sementes que passaram no mecanismo dosador (B)	64
Figura 26 -	Semente normal, semente anormal e semente morta, respectivamente. Sementes que não passaram no mecanismo dosador (A) e sementes que passaram no mecanismo dosador (B)	65
Figura 27 -	Face interna das sementes de soja com corte longitudinal colorida após imersão no sal de tetrazólio. Avaliação das repetições 1 e 2.....	66
Figura 28 -	Face interna das sementes de soja com corte longitudinal colorida após imersão no sal de tetrazólio.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Parâmetros de configuração da impressora 3D.....	36
Tabela 2 -	Especificações das sementes (<i>Glycine max</i>)	44
Tabela 3 -	Lista de itens utilizados na montagem do protótipo e os seus respectivos custos.....	54
Tabela 4 -	Estatística básica da distribuição de sementes pelo mecanismo dosador.....	57
Tabela 5 -	Valores percentuais médios obtidos pelo teste de germinação em laboratório nas variáveis de germinação de plântulas normais (GPN), germinação de plântulas anormais (GPA) e sementes mortas (SM) foram registrados para as sementes de soja, tanto as que foram submetidas ao mecanismo dosador quanto as que não passaram por esse processo.....	63
Tabela 6 -	Médias resultantes do teste de germinação em laboratório foram calculadas para as variáveis de germinação de plântulas normais (GPN), germinação de plântulas anormais (GPA) e sementes mortas (SM) em sementes de soja. Essas médias foram obtidas tanto para as sementes que foram submetidas ao mecanismo dosador quanto para aquelas que não foram submetidas a esse processo.....	63
Tabela 7 -	Resultados do teste de tetrazólio obtidos das sementes de soja submetidas ao mecanismo dosador.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Controle Estatístico de Processo
CPC	Classificação Cooperativa de Patentes
DIVPI	Divisão de Suporte à Propriedade Intelectual
IA	Inteligência Artificial
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IoT	Internet das coisas
IPC	Classificação Internacional de Patentes
LAGRO	Laboratório de Robótica na Agropecuária
LIMA	Laboratório de Acidentes com Máquinas Agrícolas
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
PIB	Produto Interno Bruto
PLA	Biopolímero ácido polilático
PMPI	Programa-Piloto de Mentoria em Propriedade Intelectual
RAS	Regras de Análise de Sementes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	Semeadoras	20
3.2	Mecanismos dosadores de sementes	22
3.3	Cultura da soja	25
3.4	Tecnologia na mecanização	27
3.4.1	<i>Inteligência artificial (IA)</i>	27
3.4.2	<i>Internet das coisas (IoT)</i>	28
3.4.3	<i>Robótica na Agricultura</i>	30
3.4.4	<i>Automação</i>	31
3.5	Projeto de máquinas agrícolas	32
4	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1	Metodologia de projetos e desenvolvimento do protótipo	34
4.2	Confecção física do protótipo	35
4.3	Planejamento estatístico	38
4.4	Controle Estatístico de Processo – CEP	40
4.5	Avaliação do protótipo	41
4.6	Sementes utilizadas	43
4.7	Teste de germinação em laboratório	45
4.8	Teste de tetrazólio	46
4.9	Processo de registro de patente	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	Desenvolvimento do protótipo	51
5.2	Confecção física do protótipo	52
5.3	Avaliação do protótipo	55
5.4	Teste de germinação em laboratório	62
5.5	Teste de tetrazólio	65
5.6	Processo de patente	69

6	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE A – VISTA DE TODAS AS ESTRUTURAS DO PROTÓTIPO.....	81
	APÊNDICE B – FICHA DE TESTE DE TETRAZÓLIO USADA NO EXPERIMENTO.....	82
	ANEXO A – REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES PARA TESTE DE GERMINAÇÃO DE SOJA	83
	ANEXO B – REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES PARA TESTE DE TETRAZÓLIO DE SOJA	84

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém hoje as mais elevadas produções no setor agrícola, sendo esta a responsável pelo crescimento anual do PIB (Produto Interno Bruto) estimado no país, sendo a cultura da soja uma das principais commodities agrícolas e uma fonte significativa de receita para os agricultores brasileiros. O setor cresce a cada ano, e com ele a carência de suprir novas metas estabelecidas pelos produtores.

A precisão e a automação na agricultura fazem parte do crescimento exponencial dessa produção e da qualidade elevada dos produtos. A busca por novas tecnologias gera a competição acirrada no setor, bem como melhora na plantabilidade e com isso a geração de produtos de qualidade elevada.

A tecnologia na agricultura não apenas aumenta a produtividade, mas também desempenha um papel crucial na resposta aos desafios globais, como o aumento da demanda por alimentos devido ao crescimento populacional, a mudança climática e a necessidade de reduzir o impacto ambiental da produção agrícola. Portanto, a contínua inovação tecnológica desempenhará um papel central na agricultura do futuro.

A junção de boas práticas no campo com as tecnologias da indústria 4.0 gera novas vertentes, e diante disso, a mecanização e a automação tornam-se dois aspectos essenciais da modernização da agricultura, desempenhando um papel crucial na melhoria da eficiência, da produtividade e da sustentabilidade no setor agrícola.

De maneira estratégica e responsável, a mecanização na agricultura se torna uma ferramenta valiosa na promoção da sustentabilidade e conservação ambiental. Com a inserção da robótica na agricultura, com sistemas computacionais (IoT, IA, microcontroladores, etc), tem-se um leque de recursos para a redução do desperdício de recursos, otimização do uso de insumos e melhoria das condições de trabalho.

A robótica na agricultura é uma área em crescimento que visa utilizar tecnologias avançadas para aprimorar processos agrícolas e reduzir custos. Ela abrange uma variedade de aplicações, desde o plantio e colheita até a monitorização de culturas. O desenvolvimento contínuo dessas tecnologias e sua integração eficaz na agricultura moderna são áreas de pesquisa e inovação em rápido crescimento.

A operação de sementeira é a mais crítica de todo o sistema agrícola, pois se algo for ineficiente (a não inserção da semente no solo, a falha na distância entre sementes, etc) há o comprometimento na plantabilidade e a posteriori o rendimento da cultura desejada. Em

particular a eficiência do mecanismo dosador de sementes em semeadoras desempenha um papel crucial na produtividade da cultura, influenciando diretamente o estabelecimento adequado das plantas e a uniformidade no campo.

Um mecanismo dosador eficiente garante a distribuição uniforme das sementes, evitando aglomerações ou lacunas no campo. Isso é crucial para garantir que as plantas tenham espaço adequado para o desenvolvimento, maximizando o potencial de produção. Em resumo, a robótica no plantio representa uma evolução significativa nas práticas agrícolas, proporcionando benefícios como maior eficiência e precisão além da sustentabilidade.

À medida que a tecnologia continua avançando, espera-se que a automação na agricultura, incluindo o plantio de culturas como a soja, desempenhe um papel essencial na garantia da segurança alimentar e na otimização dos recursos agrícolas.

Objetivou-se, então, desenvolver um protótipo de dosador de sementes, utilizando técnicas de robótica, com o uso de microcontroladores e controlado por comandos de software.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Projetar, construir e avaliar o protótipo de um dosador de sementes de disco horizontal de precisão, com o uso de microcontroladores e controlado por comandos de software.

2.2 Objetivos específicos

Construção de um protótipo de uma semeadora para grãos soja;

Avaliação da qualidade de queda das sementes, em função da capacidade de enchimento do depósito de sementes, da velocidade de giro do disco dosador e do uso ou não do mecanismo ejetor;

Avaliar se o sistema dosador com disco horizontal pode afetar a viabilidade de germinação e vigor das sementes;

Avaliar qual a velocidade de giro do disco dosador que maximizaria o número de sementes simples dosadas pelo mecanismo;

Avaliação e determinação dos pontos problemáticos do processo para propor as modificações necessárias.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Semeadoras

As semeadoras são consideradas por muitos especialistas a máquina agrícola mais importante depois do trator. Dentro do contexto de modernização da agricultura, semear foi uma das primeiras operações agrícolas a ser mecanizada (PORTELLA, 1997). Este implemento possui uma série de mecanismos que são responsáveis em realizar o trabalho de depositar a semente e o adubo no solo de forma eficiente (MONTEIRO e ALBIERO, 2013).

Desde a sua concepção, no século XVII, a semeadora foi a que mais sofreu alterações dentre as máquinas modernas (MODOLO *et al*, 2004). Os autores reforçam ainda que a operação de semeadura é decisiva para o estabelecimento de culturas destinadas à produção de grãos e que nos preparos conservacionistas, sua importância aumenta.

A diferença da semeadura para as outras operações agrícolas é que a mesma é realizada uma única vez durante o ciclo da cultura, e é esta operação que pode influenciar no potencial produtivo da lavoura, acentuando a sua importância (CARPES, 2014). O autor ressalta que a competitividade no setor agrícola exige a diversificação desses sistemas de produção.

Melo (2017), ressalta que a operação de semeadura representa um dos principais fatores para o sucesso da produção, pois a semeadora possibilita o estabelecimento rápido e uniforme da cultura. A utilização dessa máquina quando feita de forma adequada melhora a eficiência da produção além de possibilitar a expansão para áreas maiores e facilitar as tarefas do homem no campo.

De acordo com Mantovani *et al* (1992), as semeadoras apresentam um importante papel no processo de produção, uma vez que a produtividade é afetada de forma significativa pelo fator estande. Machado e Reynaldo (2017) reforçam que na operação de semeadura, o estande adequado e a uniformidade de distribuição de sementes são apontados como variáveis de alta influência na produtividade.

Alguns fatores são importantes no processo de semeadura, o primeiro é o solo, a máquina e o clima que podem afetar a uniformidade de distribuição de semente, já o segundo é com relação a máquina em que o mecanismo dosador, o tipo de sulcador, o mecanismo de cobertura da semente e a forma de acionamento influenciam no processo de semeadura de qualquer cultura (BALASTREIRE, 2004). Nascimento (2019) corrobora com o autor e explica

que, além desses elementos, a velocidade de semeadura pode influenciar em uma semeadura ineficiente.

Conforme estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), pelo projeto de norma 12:02.06-004, as máquinas destinadas à semeadura recebem classificações como de precisão e de fluxo contínuo. Com relação a descrição e caracterização dessas máquinas Siqueira (2008), identifica como semeadoras de precisão aquelas que lançam a semente diretamente no sulco, em grupo ou de forma unitária, onde nelas determina-se o espaço e o alinhamento, ou, a distância entre cada semente, além de determinar profundidade de deposição da semente. Já as de fluxo contínuo, o autor as identifica como a sua nomeação já as descreve onde as sementes são lançadas de forma contínua no solo com sua velocidade de distanciamento já indicados, sem mudanças.

Modolo *et al* (2004) afirma que a correta dosagem de sementes e de fertilizantes pela semeadora é importante etapa no processo de semeadura de qualquer cultura e que um eficiente processo de dosagem de sementes consiste em distribuição uniforme, de acordo com os padrões recomendados para a cultura.

Essa dosagem e distribuição de sementes pode ser comprometida quando não se leva em consideração a velocidade de deslocamento da máquina. Os tipos de problemas que se pode encontrar são a quebra/rachamento da semente, o tempo de queda, duplos grãos, patinagem do rodado e velocidade periférica do dosador (LIMA FILHO *et al*, 2017).

Delafosse (1986) descreve que a velocidade na operação de semeadura é um dos parâmetros que mais influencia no desempenho de semeadoras, sendo a distribuição longitudinal de sementes no sulco alterada, afetando a produtividade da cultura. Dependendo da velocidade durante a operação de semear, o espaçamento entre sementes pode apresentar irregularidades (MIALHE, 2012).

A seleção correta da máquina e o uso coerente da mesma é primordial para que se obtenha o sucesso da produção. Segundo Mialhe (2012), no Brasil são mais utilizadas as semeadoras de precisão que apresentam sistemas dosadores com discos alveolados horizontais e as com dosadores pneumáticos de sucção (vácuo). Mantovani *et al* (2015) corroboram com o autor supracitado quando ressaltam que o sistema de discos continua sendo o mais usado na grande maioria das propriedades brasileiras, principalmente pelo menor valor de custo.

Em determinadas regiões, são comuns as semeadoras de precisão com sistema mecânico de distribuição (disco horizontal). Esse sistema é rotativo e posicionado na horizontal, utilizando a força da gravidade para manter o contato com as sementes. Estas, por sua vez,

preenchem os alvéolos (furos) do disco e são liberadas uma a uma para o sulco de plantio (FERREIRA *et al.*, 2019).

3.2 Mecanismos dosadores de sementes

A evolução dos níveis tecnológicos utilizados pelos produtores brasileiros levou também a um aumento na preocupação com a plantabilidade, por exemplo, em uma semeadura de milho de alta densidade uma melhor distribuição das sementes, tanto em profundidade quanto em relação à distância entre as plantas nas linhas e entrelinhas, são fatores essenciais para aumentos significativos na produtividade do milho (MANTOVANI *et al.*, 2015).

Balasteire (2004), relata que o mecanismo dosador e de liberação das sementes deve ser adequado à espécie e variedade a ser semeada, isso evita que as sementes tenham danos que comprometam o seu poder germinativo.

A eficiência de um mecanismo dosador de sementes nas semeadoras é determinante para a produtividade da cultura desejada. Viganó *et al.* (2008) ressaltam que os diferentes tipos de mecanismos dosadores de semente influenciam distintamente no índice de velocidade de emergência da semente. Uma avaliação entre mecanismos dosadores de disco alveolado e pneumáticos foi estudada por Machado e Reynaldo (2017). Os autores verificaram que o mecanismo dosador pneumático apresentou melhores resultados em comparação com o dosador de disco alveolado.

A quebra das sementes é função muitas vezes da pressão exercida sobre elas em contato com o dosador e o limitador, quanto menor a pressão exercida, menor será a quantidade de sementes quebradas (BALASTEIRE, 2004). O autor conclui ressaltando que a vantagem dos dosadores pneumáticos é a ausência quase que total de danos mecânicos nas sementes que são dosadas, sendo que este deveria ser muito utilizado para sementes muito sensíveis.

No entanto, um sistema distribuidor eficaz é aquele que separa individualmente as sementes contidas em um reservatório específico, garantindo que não sofram danos mecânicos e que sejam distribuídas de maneira uniforme, conforme as exigências de cada cultura. Em outras palavras, a distribuição precisa das sementes é reconhecida como uma das funções primordiais de uma semeadora, com o objetivo constante de alcançar um ideal de produtividade (PORTELLA, 2001).

Apesar de os dosadores necessitarem executar suas funções com elevada precisão, Correia *et al.* (2016) explicam que essa solução está diretamente ligada a diversos aspectos

intrínsecos ao próprio dosador. Notavelmente, incluem-se a geometria e dimensões dos alvéolos, o suporte inferior do disco com anel, o mecanismo de ejeção das sementes e a velocidade de rotação do disco.

Mialhe (2012) argumenta que é crucial uma observação meticulosa dos alvéolos do disco, adaptando-os para cada tipo e formato de sementes. Esses alvéolos devem apresentar um tamanho reduzido superior ao das sementes, aproximadamente entre 1,2 a 1,6 mm. Além disso, o anel deve fornecer suporte à semente, garantindo que ela não se projete além da superfície do disco, e deve encaixar-se de maneira a permitir a livre rotação.

Baio (2020) esclarece que a forma esférica da semente é um elemento a ser ponderado nas semeadoras de disco horizontal, uma vez que essa característica está associada à irregularidade na distribuição. Isso ocorre porque os alvéolos têm dimensões específicas, e se a semente for um pouco além desse limite não será especificamente dosada. Por outro lado, uma esfericidade insuficiente pode resultar na presença de muitas sementes duplas no alvéolo.

Para garantir o funcionamento eficiente desse mecanismo dosador, é essencial que a velocidade angular e a velocidade de deslocamento tenham a proporção adequada, obtida por meio de engrenagens ou rodas dentadas de transmissão (MIALHE, 2012).

Balastreire (2005) destaca a complexidade em alcançar uma combinação de discos de transmissão capazes de proporcionar total individualização das sementes, adaptando-se às diferentes culturas e cultivares desejadas. Silva & Gamero (2010) observam que, estão em andamento inovações tecnológicas nos mecanismos dosadores a fim de aprimorar a distribuição longitudinal de sementes e a qualidade da deposição.

Além do aprimoramento da distribuição, outro problema em dosadores mecânicos de disco horizontal que se busca limar é o fato desses dispositivos dosadores ainda terem o potencial de provocar danos físicos nas sementes devido aos seus componentes robustos, como os ejetores, que podem estabelecer um contato imediato, resultando na possibilidade de ruptura do tegumento e comprometendo da germinação (FRANCISCHINELLI, 2018).

Outro agravante que compromete a qualidade de distribuição das sementes é o patinamento em semeadoras. Conforme Granja (2018), o termo “patinagem” é empregado para descrever a perda de atrito entre a superfície do solo e o pneu. As perdas na transmissão de potência ocorrem devido à área de contato entre o pneu e o solo. Antunes Junior *et al* (2016) explica que essa situação se manifesta em qualquer circunstância prática associada à patinagem, resultando, assim, na perda de atração.

Os mecanismos dosadores de sementes em semeadoras-adubadoras em sua grande maioria são acionados pelo rodado, onde este é responsável também pelo deslocamento do conjunto. A eficiência desse mecanismo tem intervenção direta com o contato rodado-solo, principalmente com relação ao patinamento do rodado, e velocidade de operação do conjunto trator-semeadora (REIS *et al*, 2007).

Conforme Schlosser (1996), a capacidade de tração dos implementos pelos tratores decorre da aderência dos rodados ao solo, a qual pode ser modulada, resultando em penetração ou patinamento dos pneus. Essas intervenções são creditadas por variações intrínsecas ao solo; como: o teor de água no sol, a condição da superfície, a resistência à penetração; ou ao tipo de rodado; como: número de pneus do trator, a pressão de inflação desses pneus, a lastragem nos eixos; e a potência do trator.

Mahl (2006), relata que o desempenho operacional e energético das semeadoras-adubadoras é avaliado pela: capacidade de campo efetiva, a força de tração e de potência requeridas, consumo de combustível e patinagem das rodas motrizes.

A velocidade de operação é muito importante na semeadura pois influi diretamente na distribuição das sementes, e pode ocasionar quebras ou danos nas mesmas (BALASTEIRE, 2004). Este fator afeta diretamente o estabelecimento e a produtividade da cultura, bem como a patinagem dos rodados, a velocidade de giro do disco dosador, entre outros (GARCIA *et al*, 2011).

Silveira *et al*. (2005), ressalta que a velocidade de trabalho de uma semeadora está diretamente relacionada à força requerida pelo trator para tracioná-la. Furlani *et al* (2005) constataram que no preparo reduzido do solo, na operação de semeadura houve uma menor capacidade de campo efetiva e maior patinamento.

Queiroz *et al* (2017), avaliaram cargas nos depósitos de fertilizantes de uma semeadora e constataram que com uma maior carga no depósito proporciona-se uma menor patinagem nos rodados da semeadora. Isso deve-se ao aumento de peso no implemento, ocasionando assim uma maior aderência do rodado ao solo.

Durante a operação do conjunto Trator-Semeadora, a velocidade de operação influencia na velocidade do disco dosador de sementes e no patinamento da roda acionadora da semeadora, ocasionando com isso elevadas alterações na homogeneidade e na distribuição e na alocação adequada da semente no solo, interferindo na densidade ideal de semeadura. (SOUZA; CUNHA, 2012)

Os mecanismos do sistema de deposição de sementes e velocidade do conjunto são fatores que decisivos para o aumento da produtividade em sistemas de alta densidade que buscam um maior adensamento da cultura (SILVA, 2015).

Com isso tem-se que o ensaio com máquinas e equipamentos agrícolas são importantes para melhorar os mecanismos bem como a concepção de seus componentes (ALTMANN *et al.*, 2010). Amorim *et al.* (2019) ressalta que um ajuste adequado da semeadora, considerando tanto a velocidade operacional quanto as condições específicas da superfície do solo, é crucial para garantir a posição adequada das sementes, conforme a profundidade aplicável para cada espécie.

Segundo Strapasson Neto *et al.* (2021), ao longo das últimas décadas, o Brasil experimentou diversas transformações no panorama agrícola. A eficiência operacional, impulsionada pela evolução dos conjuntos mecanizados, desempenhou um papel fundamental no aumento da produtividade da área, mesmo sem a possibilidade de expansão.

A cada dia, a agricultura se torna mais competitiva, buscando alcançar maiores produtividades em espaços reduzidos e com custos menores, no entanto, esses esforços podem implicar perdas financeiras consideráveis (RODRIGUES, 2021), por isso é importante um bom planejamento de inserção e o uso de novas tecnologias para se alcançar maior precisão na implantação da cultura.

3.3 Cultura da Soja

A soja (*Glycine max*) desempenha um papel significativo na economia brasileira e global, destacando-se devido à sua versatilidade de uso. Esta cultura é destinada a diversas finalidades, incluindo o consumo humano, a fabricação de ração, a produção de biocombustíveis e o fornecimento de matéria-prima para as indústrias farmacêutica e cosmética, entre outras aplicações (SEDIYAMA *et al.*, 2015).

Essa cultura tem ampliado sua presença, principalmente em regiões anteriormente direcionadas à pastagem e ao cultivo de milho primeira safra. A principal razão por trás dessa mudança por parte dos agricultores para o cultivo da oleaginosa é a maior lucratividade associada a essa cultura (CONAB, 2023).

A cultura da soja é o principal grão cultivado no país, e as projeções apontam para um crescimento tanto na área plantada quanto na produtividade, embora a uma taxa menor do que a registrada no último ano-safra. Com uma área estimada de 45,18 milhões de hectares e

uma produtividade média inicial projetada em 3.586 quilos por hectare, a produção deve atingir um pouco mais de 162 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

Para Miranda *et al.* (2020), o crescimento constante da população mundial ressalta a importância de culturas como a soja, que desempenham um papel crucial na segurança alimentar global. Os autores ressaltam como evidente a necessidade contínua de novas técnicas para melhorar o desempenho da produção de soja e garantir um fornecimento adequado de alimentos para atender à crescente demanda populacional.

A cultura da soja, especialmente devido ao teor elevado de proteínas nos grãos, possui uma demanda por nitrogênio (N) significativa, estimada em aproximadamente 80 kg de N para cada 1.000 kg de grãos produzidos. A soja pode obter esse nitrogênio a partir de quatro fontes principais: o solo, principalmente através da reserva da matéria orgânica; uma fixação não-biológica; os fertilizantes nitrogenados; e o processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) (HUNGRIA *et al.*, 2007).

De acordo com os autores, no que diz respeito à nitrogênio do solo, o reservatório presente na matéria orgânica é limitado e pode ser rapidamente esgotado após alguns ciclos de cultivo. Isso destaca a importância de práticas de manejo adequadas para garantir a disponibilidade suficiente de nitrogênio para a cultura da soja e otimizar sua produtividade.

Na cultura da soja, a profundidade de semeadura mais comumente utilizada varia entre 3 e 5 centímetros. Profundidades superiores a essas podem impactar a germinação devido a fatores como temperatura, disponibilidade de água e características do solo (SILVA *et al.*, 2008). A profundidade adequada de semeadura é essencial para garantir que as sementes tenham acesso suficiente à umidade e à temperatura ideais para um estabelecimento eficaz da cultura. Profundidades excessivas podem resultar em condições desfavoráveis para a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas de soja. Portanto, o ajuste cuidadoso da profundidade de semeadura é uma prática importante no gerenciamento da cultura para melhorar o crescimento e o rendimento.

O espaçamento comumente utilizado na cultura da soja varia entre 0,40 a 0,60 metros. De acordo com a Embrapa (2011), o espaçamento intermediário apresenta resultados superiores na produção. Em particular, o espaçamento de 0,50 metros proporciona uma distribuição eficaz de plântulas na área. Isso resulta em plantas mais baixas, diminuindo o risco de acamamento e aumentando a probabilidade de sobrevivência até a colheita, conforme observado por Lima *et al.* (2012). Essas práticas de manejo visam melhorar o rendimento da cultura da soja, promovendo um desenvolvimento mais saudável e uma colheita mais eficiente.

Sim, a utilização de espaçamentos menores na cultura da soja é recomendada para promover um fechamento mais rápido da cultura, o que contribui para a supressão mais eficaz das plantas. Essa prática é indicada para melhorar o controle de ervas invasoras ao reduzir a quantidade de luz solar disponível para o solo, limitando assim o crescimento de plantas indesejadas (EMBRAPA, 2008).

O fechamento rápido do dossel da soja ajuda a criar uma cobertura vegetal densa, que compete com as plantas por recursos como luz, água e nutrientes. Além disso, a sombra resultante pode inibir o crescimento de ervas invasoras ao redor das plantas de soja. Essa estratégia contribui para a eficiência no manejo de plantas específicas e para a maximização do potencial produtivo da cultura.

3.4 Tecnologia na mecanização

3.4.1 *Inteligência artificial (IA)*

A inteligência artificial (IA) refere-se à capacidade das máquinas para executar tarefas que normalmente exigem inteligência humana (SILVA e MAIRINK, 2019). Isso é alcançado por meio de algoritmos e modelos de aprendizado de máquina que permitem que as máquinas aprendam com dados e realizem tarefas específicas de forma autônoma.

Os autores explanam que a busca por replicar a capacidade humana de raciocínio e compreensão é uma jornada antiga na história da humanidade. Desde os tempos mais antigos, os seres humanos têm se esforçado para entender o funcionamento do cérebro e criar máquinas que possam emular ou até mesmo superar as capacidades cognitivas humanas.

Uma conferência no Dartmouth College em 1956 é frequentemente considerada o marco inicial da inteligência artificial, e John McCarthy é creditado por cunhar o termo "inteligência artificial" durante esse evento. No entanto, Alan Turing desempenhou um papel crucial na investigação sobre inteligência artificial antes mesmo desta conferência (SILVA e MAIRINK, 2019).

Em 1950, Turing publicou um artigo seminal intitulado "Computing Machinery and Intelligence" (Máquinas de Computação e Inteligência), onde descreveu o que hoje é conhecido como o "Teste de Turing". Ele explorou a ideia de que uma máquina poderia ser considerada inteligente se pudesse se comunicar de maneira indistinguível de um ser humano.

Essas contribuições de Turing estabeleceram os fundamentos teóricos da inteligência artificial e ajudaram significativamente o desenvolvimento subsequente da área. Portanto, enquanto McCarthy foi responsável por popularizar o termo e organizar uma conferência que formalizou o campo, Turing e outros já exploravam conceitos essenciais relacionados à inteligência artificial nas décadas anteriores.

A pandemia de COVID-19 acelerou a adoção da inteligência artificial. Na vigilância de casos de infecção pelo vírus, os governos empregaram métodos como reconhecimento facial e análise de Big Data para supervisionar a distribuição de indivíduos em áreas urbanas, movendo-se contra a propagação da doença (SAKER, 2020).

Garcia (2020) reflete que a inteligência artificial é um campo de computação dedicado ao desenvolvimento de algoritmos e sistemas capazes de executar tarefas que exigem habilidades associadas à inteligência humana. Entre os exemplos mais reconhecidos de aplicação de IA estão a capacidade de comunicação em linguagem natural, exemplificada pelos assistentes pessoais em dispositivos móveis, e a habilidade de perceber e interpretar o ambiente, como evidenciado no reconhecimento de imagens por veículos autônomos.

Estamos testemunhando uma nova era na revolução industrial, impulsionada pelo progresso de tecnologias avançadas, notadamente a Inteligência Artificial (IA). Nesse cenário, as máquinas não se limitam mais a realizar apenas trabalhos manuais; elas também desempenham funções intelectuais, abrangendo tarefas que exigem o uso do que tradicionalmente consideramos inteligência (LUDEMIR, 2021).

3.4.2 Internet das coisas (IoT)

A Internet das Coisas, abreviada como IoT e derivada do termo americano "Internet of Things", delinea o presente e o porvir da tecnologia. Essa expressão encapsula a crescente integração da tecnologia em objetos e, conseqüentemente, em nosso cotidiano (FACHINI *et al.*, 2017).

Os autores explicam que a Internet das Coisas (IoT) abrange uma variedade de aplicações, que vão desde cafeterias inteligentes controladas por dispositivos móveis até sensores que antecipam e analisam o desempenho operacional de máquinas em ambientes fabris. O avanço contínuo da IoT reflete sua integração crescente nos hábitos diários das pessoas por meio dos objetos que possuem e utilizam.

A classificação proposta por Brito (2014), que se baseia na divisão da história da internet em três gerações: a internet das máquinas, a internet das pessoas e a internet das coisas.

A implementação da Internet das Coisas (IoT) alinha-se a essa tendência e abrange desde a tecnologia de automação de processos agrícolas, com embarcada para preparação de áreas de plantio, aplicação precisa e uniforme de fertilizantes, poda e colheita, até o que é chamado de agricultura de precisão. A utilização de sensores e drones, combinada com plataformas de dados em larga escala exploradas por meio de inteligência analítica e cognitiva, fornece todas as ferramentas possíveis para uma tomada de decisão mais eficaz (SARNO, 2015).

De acordo com Sarno (2015), é de suma importância destacar que, por si só, a IoT não realiza todo o potencial de ganho, mas sua combinação com outras ferramentas (como big data, análise de dados, inteligência preditiva e cognitiva, entre outras) possibilita disponibilizar um conjunto diferenciado de recursos. Essa combinação permite otimizar as decisões e níveis de produtividade necessários para atender à demanda prevista, uma meta essencial para o planeta.

O desenvolvimento das redes de avanços tecnológicos de perto o avanço do hardware e do software, experimentando sua própria trajetória de evolução e ciclos de inovação. Isso ocorreu em consonância com a tendência de integração, ao mesmo tempo em que impulsionou o progresso de seus componentes para patamares cada vez mais elevados de integração (ALBERTIN &ALBERTIN, 2017).

As possibilidades de aplicação da Internet das Coisas são vastas e abrangentes, penetrando praticamente todos os aspectos da vida cotidiana das pessoas, das empresas e da sociedade em geral. Esse fenômeno transforma o mundo em um ambiente inteligente (FREITAS DIAS, 2016; PATEL, PATEL, 2016). O conceito de ambiente inteligente possibilita que a computação se torne praticamente “invisível” aos olhos do usuário, por meio da interação entre seres humanos e máquinas, resultando em um mundo mais eficiente e eficaz.

Figura 1 – Aplicações de IoT



Fonte: Mancini (2018)

3.4.3 Robótica na agricultura

O progresso tecnológico nos direcionou fortemente a uma sociedade mais próspera (FORD, 2016). Frente a urgência de suprir as necessidades alimentares de uma população em constante crescimento, a produção agrícola enfrenta hoje desafios exigentes (PINHO *et al*, 2015).

Segundo Gregório *et al* (2018) nas indústrias a automação nos processos produtivos aparece como uma alternativa, levando ao crescimento e aumento de capital de investimento em patrimônios. Eles ressaltam que robôs manipuladores são inseridos nas linhas de produção e trabalham em conjunto com operadores, comumente em processos de trabalho.

Os robôs estão obtendo mais espaço não apenas na indústria, mas também na agricultura por conta do aumento na produção, a melhoria da ergonomia, entre outros. Algumas literaturas recentes apresentam o desenvolvimento de diversas tecnologias para a agricultura (BUENO, 2018).

Bekey (2005), define um robô móvel como um dispositivo mecânico montado sobre uma base instável, onde este é controlado por um sistema computacional possuindo sensores os quais geram uma interatividade com o ambiente.

Os robôs móveis são caracterizados em sua grande parte por habilidades particulares que os possibilita a realizar tarefas determinadas, sendo que são utilizadas essas tarefas para a determinação do tipo de estrutura construtiva do robô (TORRES, 2014). O autor destaca a

importância desse fator para a concepção desse robô móvel, onde será determinado as características de construção, os tipos de controle e as funcionalidades do mesmo, o qual estará relacionado com a robótica agrícola.

A inserção desses robôs no âmbito agrícola traz consigo uma automação e precisão nas mais variadas tarefas do campo. A agricultura é um dos setores de mercado que desde sempre necessitou de mão de obra, onde a robótica surge neste contexto como uma alternativa de automatização de todos os seus processos, pretendendo ser essa uma solução mais barata e viável (BRITO, 2018).

3.4.4 Automação

A fusão de sensores e atuadores através da Internet constitui uma base tecnológica essencial para o conceito de ambientes inteligentes. Nesses ambientes, as informações geradas por um objeto podem ser compartilhadas entre várias plataformas e aplicações (GUBBI *et al.*, 2013)

Cruvinel (2000) observou que a perspectiva global indica inequivocamente um futuro em que a agricultura estará intrinsecamente ligada à automação. O autor reforça que a automação desempenha um papel fundamental tanto na promoção da sustentabilidade nos processos de produção quanto no impulso ao desenvolvimento econômico e social. A aplicação da automação é extensiva, oferecendo potencial significativo de contribuição em diversas áreas. Este projeto propõe e implementa sistemas de automação e controle de abundância em máquinas agrícolas, dispositivos amplamente utilizados de maneira generalizada e universal em diversas culturas agrícolas.

A automação em sua grande escala é colocada a disposição de grandes produtores, no quesito de competitividade a tecnologia utilizada por pequenos produtores ainda chega de maneira gradual. A tecnologia disponível para o produtor rural orgânico é eficaz e tem contribuído para a otimização da produção. No entanto, ainda é essencial melhorar a infraestrutura para viabilizar o cultivo em larga escala de alimentos orgânicos (COUTINHO, 2010).

A automação de estufas agrícolas representa uma abordagem para gerenciar sistemas e equipamentos de estufas de maneira mais eficiente. Esse método permite o controle preciso dos fatores que influenciam o crescimento das plantas, além de possibilitar a leitura de dados provenientes de sensores para tomadas de decisão. Isso é viabilizado por dispositivos que

facilitam a integração entre sistemas e equipamentos, permitindo a execução de comandos automáticos localmente ou à distância, por meio de dispositivos móveis (LOUREIRO *et al.*, 2018).

Ao empregar essas tecnologias, os autores ressaltam a economia de tempo e recursos, bem como a introdução de pequenos produtores na automação e competitividade de mercado.

3.5 Projetos de máquinas agrícolas

Na década de 50 deu-se início ao processo de modernização, porém foi na década de 60 que esse processo se dá por concreto, com a implantação de um setor industrial que se volta para a agricultura através da produção de equipamentos e insumos (TEIXEIRA, 2005)

O setor agrícola tem hoje uma gama tecnológica muito avançada, que traz consigo uma maior preocupação entre os produtores com a plantabilidade. A busca constante de máquinas e mecanismos que amenizem o trabalho no campo e tragam a alta precisão necessária para se obter uma melhor utilização dos recursos e reduzir os custos é uma constante dos últimos anos.

Teixeira (2005) argumenta que a questão principal era que já se esperava uma exigência maior do setor produtivo agrário, pois o aumento do número populacional na área urbana exigia uma maior produção de alimentos, bem como no setor industrial que exige cada vez mais a produção de matéria prima.

O governo brasileiro investe em ações que visam à melhoria do setor, disponibilizando recursos para a obtenção de máquinas e equipamentos, programas de capacitação para o produtor, estimulando a produção e a especialização agrícola em determinadas áreas do país (LIMA, 2016).

Amorim (2017) expõe que na geração de um novo produto são inúmeras metodologias podem ser utilizadas para geração de ideias, entre elas estão: brainstorming, analogia direta, método da instigação de questões, matriz morfológica, método de Deplhi, método sintético, método da listagem de atributos, entre outros.

Albiero (2010) disserta que uma máquina agrícola é composta de elementos e subsistemas acoplados que operam em conjuntamente para realizar tarefas agrícolas, por isso afirma que decisões e simplificações de projeto são necessárias para ajustar combinações de elementos de máquinas em funções específicas.

Como se exigem estudos voltados para a mecanização agrícola, buscando máquinas e equipamentos que atendam às necessidades dos produtores e visando elevar a produtividade, é necessário à inclusão de tecnologias inovadoras para contribuir com a elevação da qualidade da semeadura e implantação da cultura no campo, além do desenvolvimento de novos mecanismos para as diversas condições existentes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento e a avaliação do dosador de sementes de disco horizontal foram realizados no Laboratório de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA) e no Laboratório de Automação e Robótica Agropecuária (LAGRO), localizados no Campus do Pici - Universidade Federal do Ceará (UFC).

4.1 Metodologia de projetos e desenvolvimento do protótipo

A função síntese foi utilizada como método para o desenvolvimento do protótipo dosador de sementes de disco horizontal, para semeadoras, por meio de acionamento por placa de desenvolvimento contendo sensores que atuam na função de distribuir as sementes de maneira homogênea no campo. Na fase de construção do protótipo, durante o desenvolvimento do projeto, independente do conhecimento da estrutura a ser utilizada ou não, tem-se uma fase de síntese que é subdividida em outras três: o estabelecimento de uma função síntese, uma síntese qualitativa e a síntese quantitativa (BACK, 1983).

Segundo Albiero *et al.* (2007) a intenção do método morfológico é forçar uma ordenação de uma situação de problema difuso, e descobrir combinações de fatores que não seriam ordinariamente desenvolvidos por um processo normal. O método morfológico trabalha melhor quando o problema pode ser dividido em componentes ou subproblemas, onde cada subproblema deveria representar uma significativa e identificável parte do problema maior.

Após as definições destas fases, o método morfológico foi aplicado segundo os passos descritos:

- Descrição do problema;
- Listagem dos principais parâmetros do sistema;
- Listagem das alternativas para satisfazer cada parâmetro do sistema;
- Montagem da matriz morfológica, em que nas linhas deve-se colocar os parâmetros, e nas colunas as alternativas.

Na função síntese adotou-se também a metodologia adaptada por Melo (2017), onde se utiliza como base para fundamentar o modelo e dividir o processo em quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

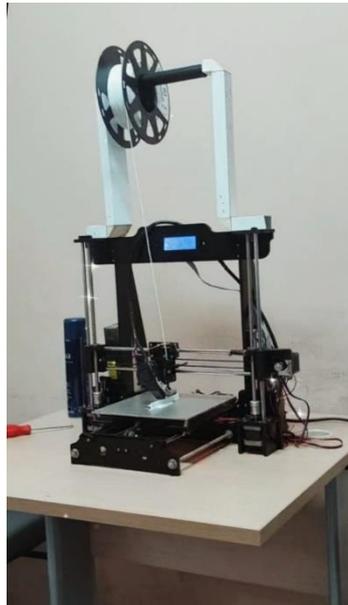
Com esses parâmetros foi desenvolvido uma matriz morfológica do distribuidor de sementes em um conceito preliminar do protótipo.

Após a criação da matriz morfológica, pôde-se seguir uma linha para a construção do protótipo. Cada elemento do protótipo foi projetado pelo programa AutoDesk Inventor®, em seguida a execução das peças foi realizada uma impressora 3D (FIGURA 2). Essa execução possibilita o encaixe perfeito das estruturas e assim um aumento na viabilidade do equipamento.

4.2 Confeção física do protótipo

O processo de confecção das peças foi feito com filamento PLA (Biopolímero ácido poliláctico) que é um material utilizado para impressão 3D, conhecido por ter seu processo de degradação ativado biologicamente.

Figura 2 – Impressora 3D utilizada para a confecção das peças



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a utilização da impressora 3D, foi necessário utilizar o software *Repetier-Host*® para converter os arquivos de desenhos gerados na etapa de projeto em arquivos compatíveis com máquinas CNC e definir os parâmetros do processo de impressão como temperatura da impressão, densidade do material impresso, velocidade de impressão entre outros, conforme metodologia utilizada por Silva (2023).

Tabela 1 – Parâmetros de configuração da impressora 3D

Parâmetro	Valor de atribuição
Material	PLA
Altura da camada	0,3 mm
Largura de extrusão	0,4 mm
Temperatura de impressão	210 °C
Temperatura da mesa de impressão	60 °c
Velocidade de impressão	45 mm/s

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Silva, 2023.

O experimento foi conduzido em laboratório, onde se utilizou o microcontrolador Arduíno UNO, o qual foi programado no software GCode para o controle do motor de passo elétrico responsável pelo giro do disco dosador de sementes conforme esquema apresentado na figura 3.

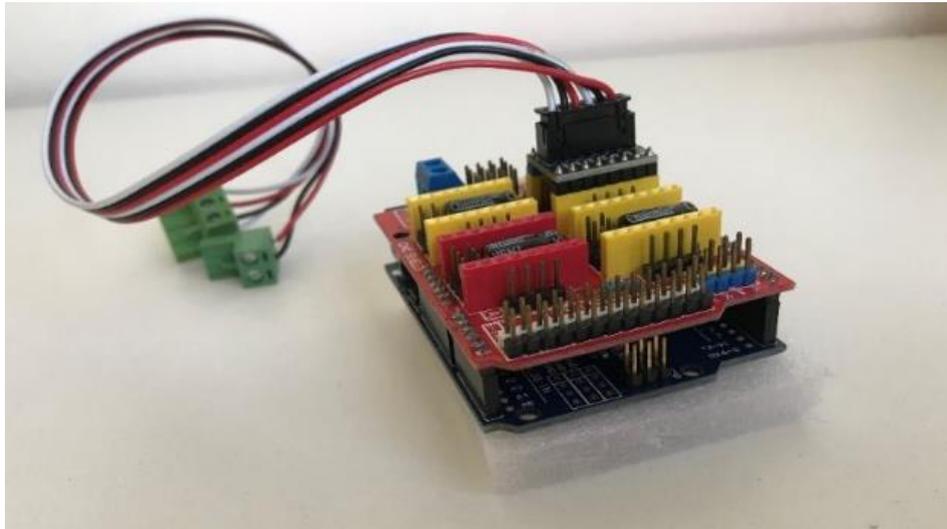
O acionamento do motor de passo (FIGURA 3) foi realizado por meio de programação previamente definida, utilizando-se uma placa de desenvolvimento contendo um microcontrolador Arduino UNO, o qual foi acoplado a uma extensão Shield CNC V3 (FIGURA 4), a qual contava com drive DM 556 (FIGURA 5), ativado por uma fonte de 110 a 220V de entrada, com saída de 23 V e 15 amperes.

Figura 3 – Motor de passo Nema 23 da marca Fortek



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 - Placa de Arduino UNO com extensão Shield CNC V3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Driver modelo DM 556 utilizado para o controle do motor de passo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para comprovação qualitativa do sistema, o presente estudo realizou um teste de bancada específico, em um microcontrolador Arduino® UNO foram acoplados os seguintes componentes: uma extensão Shield Cnc V3, 1 motor de passo de 15V (para o giro do disco); 1 drive; uma fonte de energia necessária para o funcionamento do sistema; chave Liga/Desliga tipo gangorra (FIGURA 6). Dessa forma, foram conduzidos os testes de operação do sistema dosador.

Figura 6 – Fonte de energia para o funcionamento do sistema no teste de bancada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Planejamento estatístico

Inicialmente foi realizado o levantamento de dados para se estimar o número mínimo de amostras, a fim de determinar o número total de informações a serem utilizadas na avaliação. A referida metodologia estatística adotada permitiu verificar o número de amostras necessárias para que haja normalidade no experimento através do erro médio padrão.

Foi utilizada a equação sugerida por Montgomery (2013) para determinar a quantidade mínima de amostras na avaliação das máquinas agrícolas e dos operadores para a amostragem a 5% de significância através da metodologia de curvas características operacionais, proposta onde a partir da equação (1) é possível se encontrar um valor d.

$$d = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (1)$$

Em que:

d é o erro médio padrão;

μ_1 é a média;

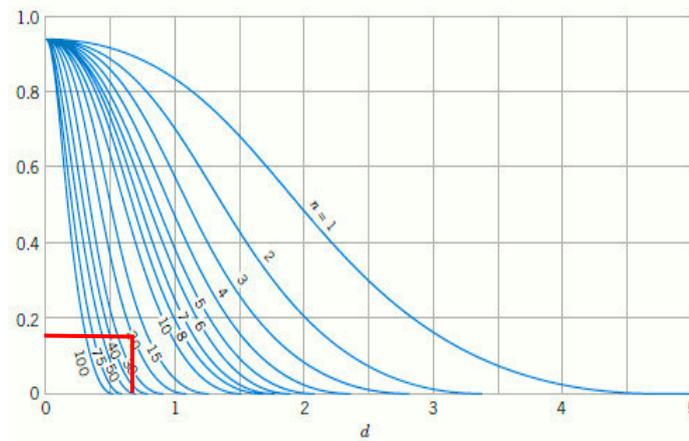
μ_2 é a média;

σ_1 é o desvio padrão;

σ_2 é o desvio padrão;

Em seguida, com o valor do erro médio padrão e considerando o erro de 10%, através do gráfico de curvas características de operação (FIGURA 7) foi encontrado o número de amostras utilizadas para os testes preliminares (em laboratório). Verifica-se na figura que o eixo y representa o erro de 10% e o eixo x representa o erro médio padrão e as linhas do gráfico representam o número de amostras que são necessárias para que possivelmente ocorra normalidade nos dados a serem avaliados.

Figura 7 - Curvas características de operação para diferentes valores de n para o teste em frente e verso normal para um nível de significância $\alpha = 0,05$



Fonte: Montgomery (2013).

Com os testes preliminares realizados com o protótipo de distribuidor de sementes, foi determinada o número mínimo de amostras para o teste final de 20 amostras por repetição, de modo que pôde haver normalidade nos dados a serem avaliados.

Utilizou-se as Equações 2 e 3 para a determinação do real número de amostras necessária para os testes em campo.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{E} \right)^2 \quad (2)$$

$$E = \mu \cdot \beta \quad (3)$$

Em que:

n é o número de amostras;

$Z_{\alpha/2}$ é o valor padronizado da distribuição normal padrão;

σ é o desvio padrão;

E é o erro médio padrão;
 β é o erro beta.

4.4 Controle Estatístico de Processo - CEP

O Controle Estatístico do Processo (CEP) pode ser descrito como um conjunto de ferramentas de monitoramento on-line da qualidade. Com tais ferramentas, consegue-se uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo, através da coleta continuada de dados e da análise e bloqueio de possíveis causas especiais, responsáveis pelas instabilidades do processo em estudo (ALENCAR, 2004)

Na estratégia do Controle Estatístico de Processo (CEP), os processos são monitorados por meio da realização de medições em variáveis de interesse em pontos temporais espaçados, e os resultados são registrados em cartas de controle.

Para esse estudo foram elaboradas cartas de controle com o objetivo de avaliar as deposições de sementes. No estudo das repetições os tratamentos utilizados foram a variação do uso ou não do ejetor de sementes, a variação do preenchimento do tanque e a velocidade do disco dosador, e em seguida as cartas de controle foram medidas para cada tratamento. O tamanho da amostra correspondeu ao número de repetições, e a variabilidade foi avaliada por meio da amplitude móvel.

De acordo com Montgomery (2013), a amplitude móvel (AM) é calculada subtraindo-se o valor de uma repetição da variável em estudo em um tratamento, pela repetição anterior deste mesmo tratamento, não sendo possível estimar a AM para a primeira observação,

$$AM_i = [x_i - x_{i-1}; i = 2, \dots, n] \quad (4)$$

Em que:

n é o número total de repetições do tratamento

x_i é cada valor observado.

Os limites superior e inferior de controle, assim como a linha central nos gráficos de deposição e escorrimento, foram calculados conforme as equações 5, 6 e 7 propostas por Montgomery (2013):

$$LSC = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (5)$$

$$LC = \bar{x} \quad (6)$$

$$LIC = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (7)$$

Em que;

\bar{x} é a média das médias amostrais da variável

A_2 é um valor tabelado

\bar{R} é a média das amplitudes

4.5 Avaliação do protótipo

Após a confecção das partes do dosador pela impressora 3D, acoplamento do microcontrolador e da fonte de potência, o dosador de sementes foi submetido a uma análise de eficiência do mecanismo.

A avaliação do mecanismo dosador foi realizada em laboratório, variando o enchimento do tanque do depósito (100%; 50%; 25%) e velocidade de giro do mecanismo dosador (V1, V2, V3, V4 e V5).

O enchimento do tanque dosador foi estabelecido após experimento avaliativo, em que se verifica a quantidade (em gramas) máxima, intermediária e mínima que o mecanismo atinge podendo assim se estabelecer uma mediana e se avaliar a perda ou não da eficiência do sistema quando se atinge uma quantidade determinada em campo. Tomando por base a capacidade máxima do depósito de sementes, utilizou-se 3 variações de 100% (150g), 50% (75g) e 25% (37,5g). Para obtenção exata desses valores fez-se uso de uma balança de precisão para a medição dessas respectivas quantidades, como demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Medição das quantidades de sementes para a realização do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a velocidade do disco utilizou-se 5 variações, sendo estas: 10 rpm (1,04 rad/s), 20 rpm (2,07 rad/s), 30 rpm (3,14 rad/s), 40rpm (4,14 rad/s) e 50 rpm (5,2 rad/s). Essa velocidade foi convertida em velocidade angular e pôde ser controlada através do programa Universal G-Code Senter®, onde foi inserido na sessão *Comand* um código com os valores da velocidade já convertidas, conforme mostra a Equação 8.

$$\omega = 2\pi f \quad (8)$$

Em que:

ω é a velocidade angular

2π é o raio do disco

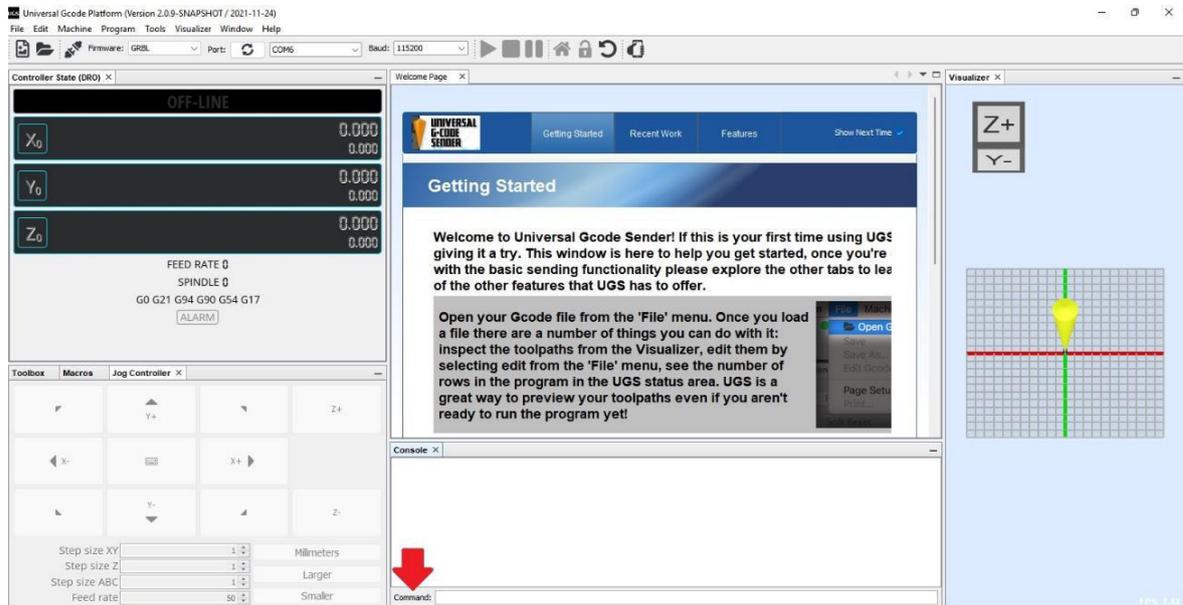
f é a frequência

Com o objetivo de simplificar a programação das máquinas CNC, foi criada uma linguagem padronizada chamada Código G. Ampla no setor industrial, o G-code é composto por uma extensa variedade de mais de 500 comandos

O código G (G-code) é a linguagem preferida pelas empresas para programação CNC, sendo predominantemente utilizada no controle de máquinas-ferramenta automatizadas. As

instruções em G-code são transmitidas ao controlador da máquina, que por sua vez orienta os motores sobre as ações a serem executadas.

Figura 9 – Programa Universal G-Code Senter®



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Sementes utilizadas

As sementes utilizadas foram de soja (*Glycine max*), adquiridas de um produtor do interior do estado do Ceará. Essa escolha foi feita por conta da diferença na janela de plantio que a região do Ceará tem com as demais regiões do país (Sul e Centro Oeste).

Os grãos têm uma viabilidade de germinação maior nos 6 primeiros meses após colhidos. Os grãos nas regiões Sul e Centro Oeste são colhidos em Julho/Agosto, e a quadra invernal da região Nordeste é no mês de março, observando-se uma queda de 20 a 30% na germinação dos grãos.

Por se tratar de uma semente produzida na região estimou-se possuir as características descritas anteriormente, podendo-se avaliar a qualidade das sementes após a passagem pelo mecanismo com mais segurança.

A Tabela 2 traz as especificações gerais das sementes utilizadas nesse experimento.

Tabela 2 – Especificações das sementes (*Glycine max*)

Produtor	Leocildênio Maia Aguiar
Cidade	Limoeiro do Norte – CE
Variedade	Domínio
Indústria	Brasmax
Tipo de semente	F1

Fonte: Elaborado pelo autor.

As sementes utilizadas no experimento, não tinham sido submetidas ao processo de seleção, tendo que ser selecionadas manualmente através de uma peneira classificadora de sementes para se obter uma uniformidade na caracterização física (Figura 10).

Rebouças *et al.*(2008) atribui que a caracterização física de sementes desempenha um papel crucial no planejamento de produção de mudas em atividades agrícolas. Essa prática envolve a análise de diversas características físicas das sementes, fornecendo informações valiosas para otimizar o processo de cultivo.

Figura 10 – Seleção manual com a peneira classificadora de sementes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As sementes foram submetidas a um teste de germinação antes e depois de passarem pelo dosador. Esse procedimento visava determinar se o dosador exercia influência na

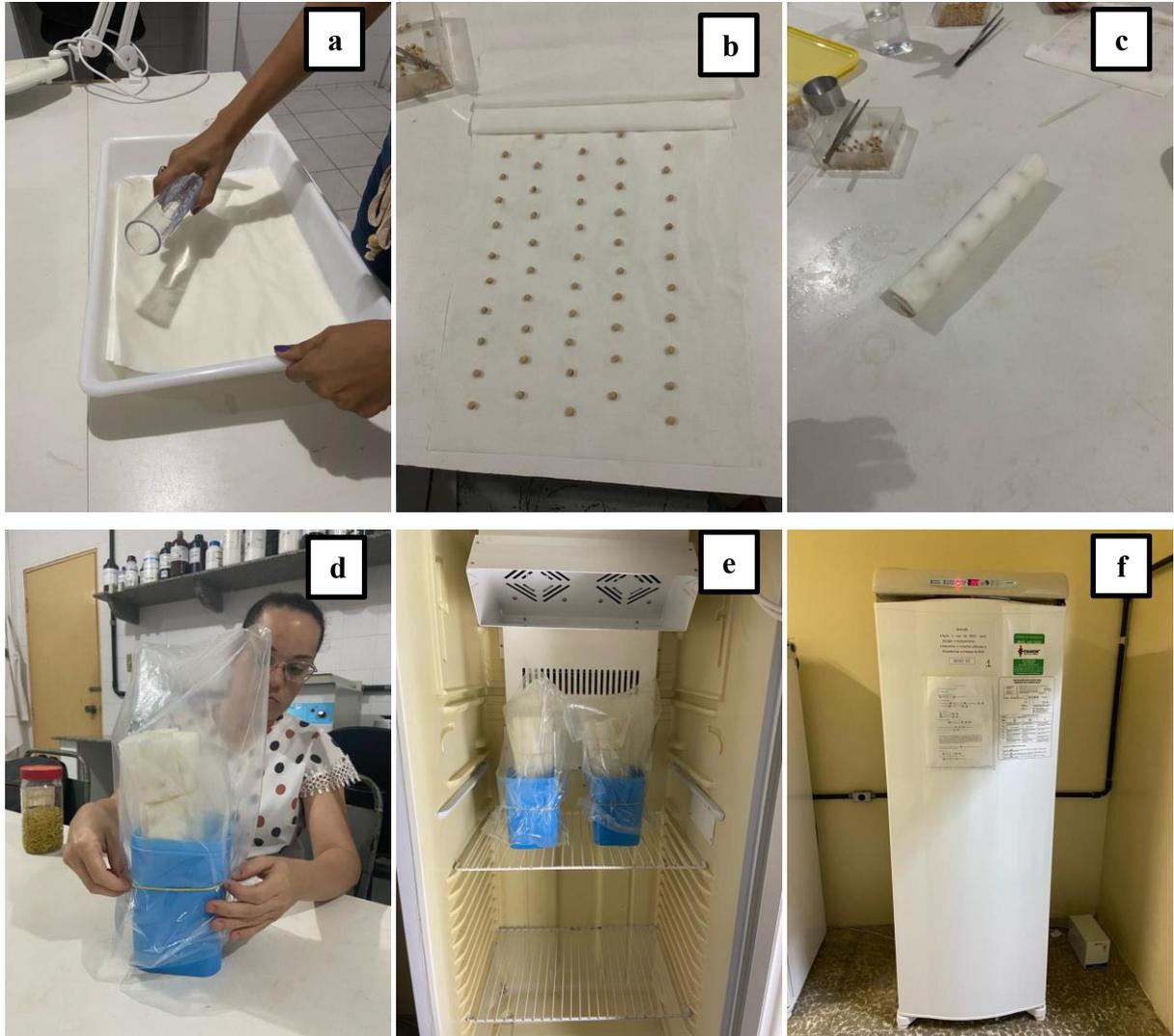
germinação, causando potenciais danos morfológicos ou físicos. Além disso, as sementes foram submetidas a um teste de tetrazólio após passarem pelo dosador, permitindo avaliar em que medida esse processo poderia interferir na viabilidade das sementes. Os testes foram realizados de acordo com os critérios das Regras de Análises de Sementes - RAS (BRASIL, 2009) do Ministério da Agricultura (MAPA),

4.7 Teste de germinação em laboratório

O teste de germinação foi realizado utilizando 200 sementes, divididas em 4 repetições de 50 sementes para cada tratamento (antes de passar no dosador e após passar no dosador). Foi usado como substrato o papel *Germitest*, onde foram usadas três folhas de papel em cada subamostra, umedecidos com água destilada o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco ($175\text{g} \times 2,5 = 440\text{ mL}$). As sementes foram colocadas no substrato, feitos os rolos, sendo fixadas as 4 repetições, envolvidas com sacos plásticos e colocadas em recipientes plásticos, para evitar a perda rápida de umidade. Posteriormente foram levadas para incubadoras BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio), previamente desinfetados com álcool, onde ficaram mantidas a temperatura constante de 25 °C com um fotoperíodo de 12/12h por oito dias. Realizou-se duas verificações: uma contagem com cinco dias de incubação e uma contagem no oitavo dia.

Ao final do teste, avaliou-se: plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas e os resultados expressos em porcentagem.

Figura 11 – Umedecimento das folhas *Germitest* (a), sementes colocadas no papel (b), rolos de papel prontos (c), sementes envolvidas com os sacos plásticos (d), os recipientes na incubadora (e) e BOD com a temperatura ajustada (f)



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.8 Teste de tetrazólio

Para a finalidade de determinar a viabilidade das sementes foi realizado o teste de tetrazólio nas sementes que passaram pelo dosador. Esse teste pode avaliar o vigor, determinar a viabilidade das sementes após tratamentos pré germinativos, bem como, para detectar danos mecânicos (Brasil, 2009).

Foram avaliadas 2 subamostras com 100 sementes, onde foram pré umedecidas por 16 horas em papel umedecido com água destilada a temperatura ambiente constante, de

aproximadamente 25°C. Esse procedimento possibilita uma embebição lenta de água e para não perderem a umidade elas são envolvidas em saco plástico. Depois foram retiradas da água destilada, em seguida, as sementes de cada subamostra foram colocadas em copos plásticos contendo uma solução aquosa de 0,075% de concentração do sal 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazólio, de modo que as sementes ficassem submersas, onde permaneceram, no escuro, por um período de 180 minutos, com temperatura de 37 °C (FIGURA 12) na BOD.

No decorrer da etapa de coloração, é crucial assegurar que as sementes estejam integralmente imersas na solução de tetrazólio, evitando qualquer exposição à luz. Isso se deve ao fato de que a luz pode causar a diminuição do sal, interferindo no processo.

Figura 12 – Processo de umedecimento da semente para o teste de tetrazólio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o período de 180 minutos, as sementes alcançaram a coloração ideal, conforme mostra a Figura 13. Elas foram retiradas e submetidas a lavagem com água corrente, e mantidas elas submersas em água até a avaliação, para que não haja desidratação.

A principal finalidade do teste de tetrazólio é diferenciar entre sementes viáveis e não viáveis. As sementes viáveis exibem uma coloração completa nos embriões, e mesmo quando parcialmente coloridas, os padrões de coloração ainda sugerem a viabilidade da semente. Por outro lado, as sementes não viáveis apresentam colorações pouco distintas ou indefinidas, muitas vezes acompanhadas de estruturas essenciais flácidas ou não coloridas.

Figura 13 – Processo de retirada das subamostras e verificação da coloração das sementes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As sementes precisam passar por uma avaliação individual, sendo seccionadas longitudinalmente pelo centro do eixo embrionário. Para realizar esse procedimento, utilizou-se uma lâmina de barbear. Antes de efetuar a secção da semente, verificou-se a existência de rachaduras ou rupturas no tegumento, por onde a solução de tetrazólio pode penetrar. Essa

precaução é essencial, pois a penetração da solução nessas áreas pode resultar na coloração da parte interna dos cotilédones, o que poderia impactar a interpretação posterior do teste.

O tegumento foi retirado para expor a superfície externa dos cotilédones e posteriormente a semente foi seccionada e suas metades abertas. Com as superfícies expostas pode-se identificar todos os tipos de danos nas sementes.

As interpretações dos resultados foram obtidas tomando como base os parâmetros do sistema de classificação para sementes de soja, que consiste em um sistema de classes de 1 a 8 (FIGURA 14). Consiste em cada semente ser qualificada nas classes de 1 a 5, caso viáveis, e de 6 a 8, se não viáveis. Entram nesse sistema parâmetros como: a presença, a localização e o tipo do dano, além das condições físicas das estruturas embrionárias, conforme metodologia descrita em Krzyzanowski *et al* (2018).

Outro aspecto a ser considerado é a variação de cores nos tecidos: Vermelho Carmim indica tecido vivo e vigoroso; Vermelho Carmim Forte sugere tecido em processo de deterioração; e Branco-leitoso representa tecido já sem vida.

Figura 14 - Ficha para anotação dos resultados do teste de tetrazólio para semente de soja.

TESTE DE TETRAZÓLIO EM SEMENTES DE SOJA						
AMOSTRA:			LOCAL:			
Nº DE SEMENTES TESTADAS:			PROJETO:			
DATA:			ANALISTA:			
						(%)
1.						x2
2.						x2
3.						x2
4.						x2
5.						x2
DURAS						x2
6.						x2
7.						x2
8.						x2
Nível de vigor 1-3: _____ (%)						Viabilidade (1-5): _____ (%)
						(%)
1.						x2
2.						x2
3.						x2
4.						x2
5.						x2
DURAS						x2
6.						x2
7.						x2
8.						x2
Nível de vigor 1-3: _____ (%)						Viabilidade (1-5): _____ (%)
REPETIÇÕES	DANO MECÂNICO (1-8)x2	UMIDADE (6-8)x2	UMIDADE (1-8)x2	PERCEVEJO (6-8)x2	PERCEVEJO (1-8)x2	DURAS x2
I						VIGOR (1-3)
II						VIAB. (1-5)
MÉDIAS						

OBS.: P = umidade L = dano mecânico F = percevejo

Fonte: Krzyzanowski *et al* (2018).

*Para melhor visualização a ficha que foi utilizada no experimento encontra-se no anexo IV.

4.9 Processo de registro de patente

Ao fim do desenvolvimento do protótipo e da sua avaliação foi reivindicada a Patente de invenção, junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), autarquia federal vinculada ao Ministério da Economia – Brasil. Para isso foram elaborados os seguintes documentos: relatório descritivo, reivindicações, resumo e desenhos.

Busca de anterioridade nas bases de dados: Google Patents, Espacenet, LENS.ORG e INPI, afim de investigar o estado da técnica. Para a realização da busca foram feitas algumas combinações usando palavras-chave, como “seed dispenser”, “ejector mechanism”, “screeper”, “seed excluder” e “disk drive microcontroller”, os quais foram associados entre si também pelo operador booleano AND, utilizado nos termos em inglês e português. Foi utilizado também a Classificação Internacional de Patentes (IPC) e pela Classificação Cooperativa de Patentes (CPC), que possuem códigos direcionados ao escopo da invenção, o que resultou nos códigos A01C7/00 (Semeadura) e A01B (Trabalho do solo em agricultura ou silvicultura; peças, detalhes ou acessórios de máquinas ou implementos agrícolas, em geral) para fins de abordagem.

Quando se encontrava o documento, fazia-se uma breve leitura para ver se havia similaridades com o estudo, selecionando assim 20 patentes mais próximas ao invento. Elas foram analisadas e a partir delas afunila-se a seleção para as 5 mais próximas, e a partir daí elabora-se o relatório descritivo, reivindicações e resumo. Os documentos de registros da Patente de invenção foram elaborados com base em documentos oficiais disponibilizados pelo INPI, que corresponde as diretrizes de exame de pedidos de patente, presentes na Resolução Nº 124/2013.

Para que todo o processo de registro de patente pudesse ser feito, foi solicitado junto a Divisão de Suporte à Propriedade Intelectual (DIVPI), a Coordenadoria de Inovação Tecnológica - CIT/UFC e a UFCINOVA, uma vaga no Programa-Piloto de Mentoria em Propriedade Intelectual (PMPI) do INPI. Todo o processo de busca de anterioridade e escrita dos documentos, tiveram o acompanhamento por meio dessas mentorias, em datas previamente acordadas, de um profissional disponibilizado pelo INPI.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desenvolvimento do protótipo

No início do trabalho foi realizada a matriz morfológica (Figura 15), para alinhar as ideias de confecção do protótipo. Com a finalização da matriz morfológica muitas foram as combinações dos elementos sugeridos, no entanto, a melhor solução encontrada foi a que está na matriz indicada pelas setas.

Figura 15 - Matriz morfológica de um dosador de sementes. Conceito preliminar.

Componentes	01	02	03	04	05	06	07
Energia	Solar	Combustão interna (motor)	Elétrico (bateria)	Eólica	Animal	Manual	Hidráulica
Sistema de locomoção	Automotor	Animal	Robótico	Manual			
Sistema de controle	Mecânico	Placa de arduino (programação)	Manual				
Comandos	Automático	Semiautomático	Mecânico	Manual	Hidráulico	Eletro hidráulico	Placa de arduino (programação)
Fonte de energia	Motor CI	Motor gerador	Animal	Gerador	Elétrico (bateria)		
Sistema motriz	Trator 30 cv	Trator 15 cv	Tobata 10 cv	Elétrico (bateria)			
Sistema de suporte	Chassi do tobata	Moto chassi	Tripé com rodas	Robô automotivo	Operador Costas	Animal	
Distribuição das sementes	Pá pendular horizontal	Hélice	Jato pendular	Queda livre	Disco horizontal	Pneumático	
Tipos de sementes	Só soja	Só milho	Soja e milho	Sementes diversas			
Nº de operadores	Nenhum	1	2	3	4	5	6
Tipo de dosador	Pneumático	Disco alveolado					
Inclinação do disco	Sem inclinação	Inclinação fixa	Inclinação móvel				

Fonte: Elaborado pelo autor.

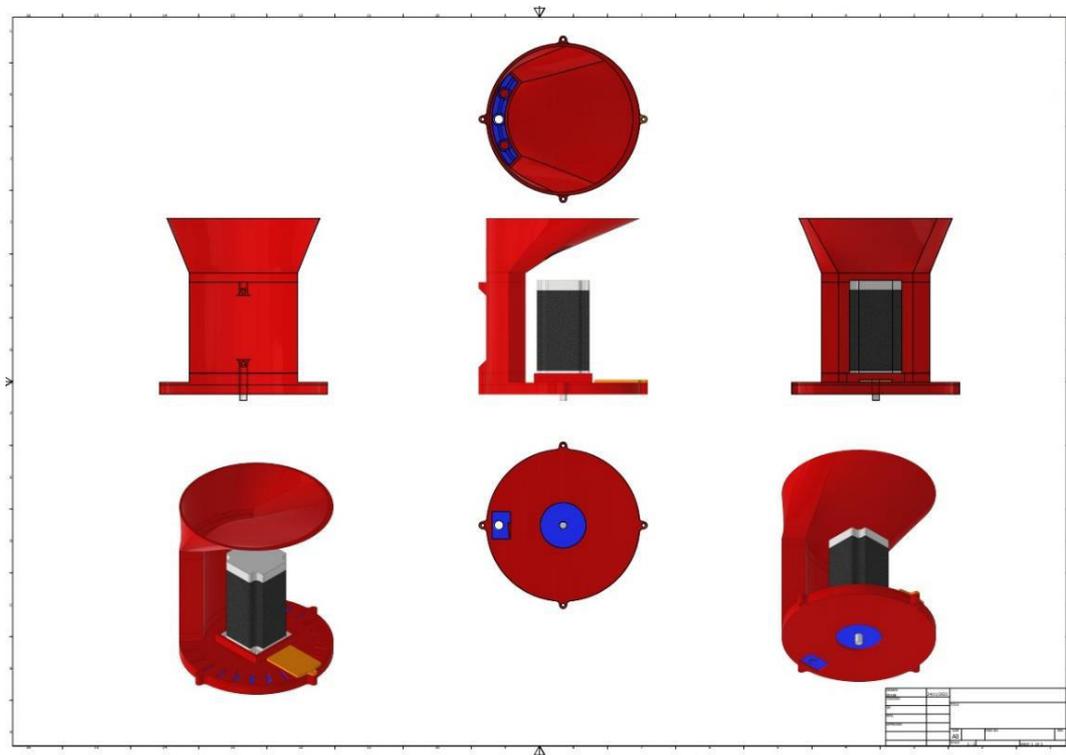
O conceito preliminar do protótipo foi de um dosador de semente longitudinal, movido a energia elétrica não dependente da velocidade de locomoção da máquina. O dosador é acoplado em um robô a parte, com um sistema de controle de locomoção do robô e de velocidade do disco dosador por meio de um microcontrolador Arduino com uma programação e acionamento do giro do disco realizado pelo software Universal G-Code Senter® previamente determinada para campo. Toda a fonte de energia é elétrica (por meio de um motor de passo), e todos os comandos são feitos pelo microcontrolador Arduino® UNO (giro do disco dosador, movimento do robô). As distribuições das sementes serão por meio de um disco dosador horizontal alveolado sem inclinação localizado na parte inferior do depósito de sementes. O

disco dosador foi pensado para soja, podendo este no decorrer do projeto executivo, ser ampliado para outros tipos de sementes.

5.2 Confeção física do protótipo

Com o projeto conceitual concluído, a próxima etapa foi a elaboração do leiaute e a posteriori a impressão/confeção das peças. Como citado anteriormente o software Repetier-Host converteu os arquivos de desenhos produzidos na fase de projeto em formatos compatíveis com máquinas CNC, para imprimir as peças do protótipo e posterior encaixe.

Figura 16 – Projeto geral do protótipo no programa AutoDesk Inventor®.

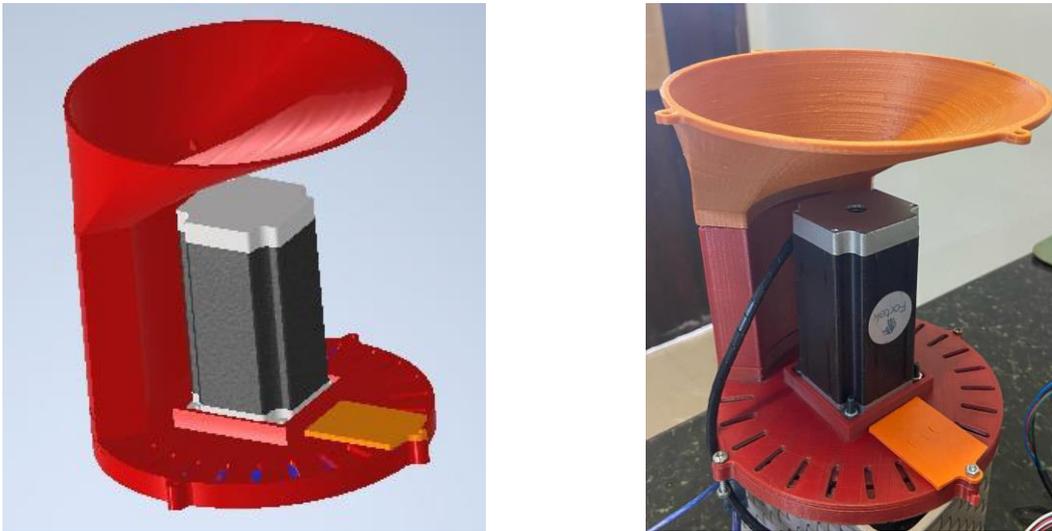


Fonte: Elaborado pelo autor.

*Desenhos das estruturas com mais detalhes no apêndice I

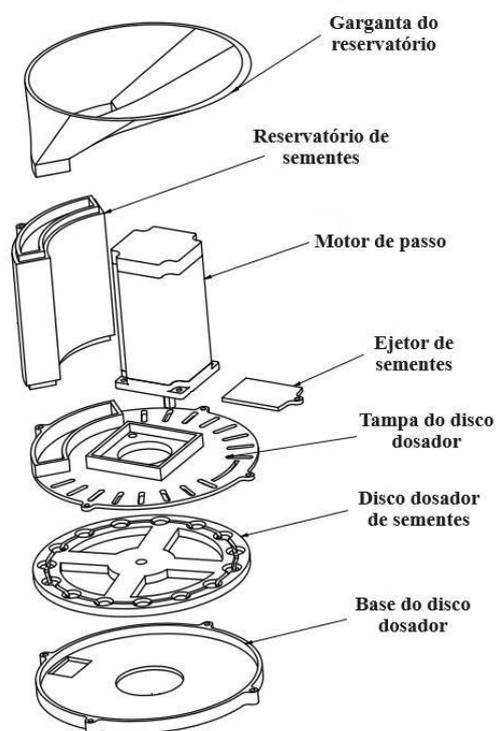
Após a confecção das peças seguiu-se a ordem de encaixe, tendo por base o projeto inicial. Durante a atividade foi necessário se fazer algumas interferências e modificações para um melhor funcionamento do protótipo, como, por exemplo, a localização do motor de passo onde inicialmente se pensou em encaixar na parte inferior da base do disco, porém verificou-se que na parte superior era mais eficiente. Essa decisão acarretou também na mudança de tamanho da garganta do reservatório.

Figura 17 – Visão do projeto e do protótipo físico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Descrição das partes do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao fim das modificações e adaptações necessárias, obtivemos um reservatório de sementes com a capacidade armazenamento de 150 g na garganta do reservatório de sementes (utilizadas sementes de soja para medição). Abaixo desta garganta do reservatório, na base horizontal inferior, está o disco dosador de sementes com 15 alvéolos, possibilitando assim a deposição de 15 sementes por cada giro do disco. Acima do disco temos uma peça que restringe a saída da semente do sistema sem que seja pela abertura determinada de queda, ou seja, impede que a semente quique e pule para fora do disco. Um motor de passo com torque de 30 kg/cm gera o movimento do disco dosador de sementes. Para ligar esse motor ao disco foi visto por meio de testes que a melhor maneira era a direta, que permite o giro do disco dosador para a deposição das sementes.

O microcontrolador Arduino UNO, utilizado no projeto, tem a capacidade de controlar o acionamento de até 4 motores de passo. Ela controlará, por programação, o giro do disco do mecanismo do dosador, isso faz com que haja uma semiautomação no sistema de sementeira. A velocidade de giro do disco dosador não depende da velocidade de deslocamento do sistema, podendo-se ser ajustada para que a queda das sementes corresponda com a população de sementes e pelo espaçamento entre linhas pré-estabelecidas pelo usuário.

Ao final da confecção do protótipo pode-se realizar um levantamento dos gastos realizado com a montagem do mesmo. A Tabela 3 traz os valores de referência da montagem e dos componentes utilizados.

Tabela 3 – Lista de itens utilizados na montagem do protótipo e os seus respectivos custos

Item	Descrição	Valor (R\$)
Reservatório de sementes	Material PLA	30,00
Garganta do reservatório de sementes	Material PLA	35,00
Motor de passo	Nema 23 da marca Fortek	350,00
Ejetor de sementes	Material PLA	15,00
Tampa do disco dosador de sementes	Material PLA	30,00
Disco dosador de sementes	Material PLA	15,00
Base do disco dosador de sementes	Material PLA	30,00

Microcontrolador Arduino UNO R3	Tensão de operação 5V	112,00
Shield Cnc V3	Tensão de operação 5V	112,00
Driver PM556	Corrente de 3,2 A, tensão de alimentação de 20 – 50 Volts e com uma precisão de 1600 pulsos/ revolução	120,00
Computador portátil	Netbook Acer Emachines EM250	1.500,00

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Silva (2023).

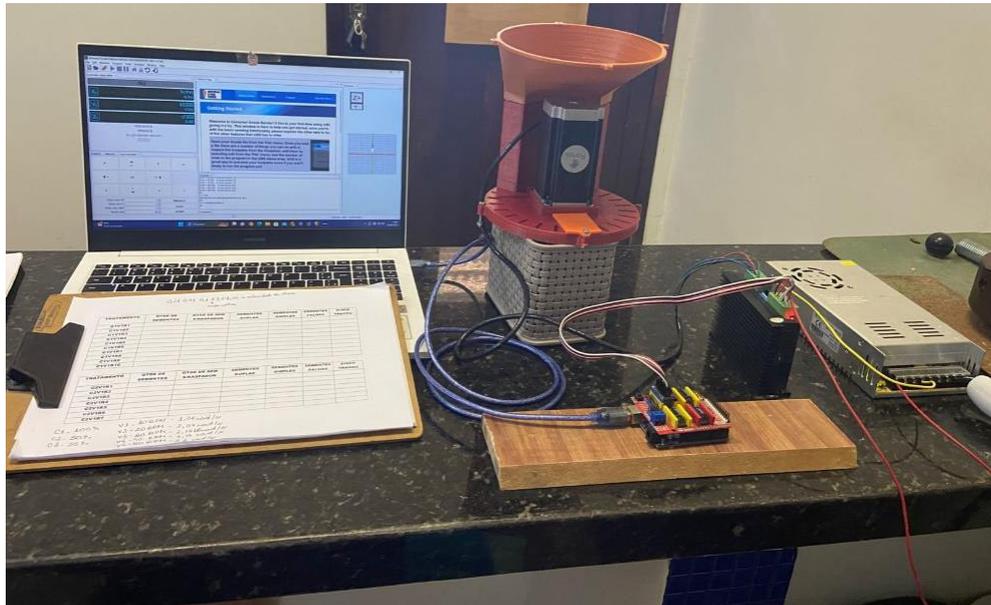
5.3 Avaliação do protótipo

Após a conclusão da construção do protótipo, a terceira fase do projeto teve início, abrangendo as avaliações tanto qualitativas quanto quantitativas.

A diferenciação e inovação desse protótipo é a ranhura no disco dosador e o ejetor fixo na tampa do disco. Esse mecanismo ejetor possui uma determinada angulação em sua estrutura de encaixe que garante a queda da semente adequadamente e a distribuição se torna precisa e uniforme ao longo do campo de plantio.

Nesse contexto, as sementes foram submetidas a passagem pelo mecanismo dosador, com a análise abrangendo a quantidade de sementes que foram dispensadas, o registro do número de sementes individuais, duplas ou falhas, tanto com o uso quanto sem o uso do mecanismo ejetor. Além disso, foi verificado se houve travamento ou não do disco dosador (FIGURA 19).

Figura 19 - Esquema do protótipo dosador de sementes interligado no software para a avaliação em laboratório.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o funcionamento do sistema foi utilizada a linguagem de programação G conforme o padrão ISO 1056. O programa é formado por linhas, cada uma contendo letras e números que definem tarefas específicas. Existem mais de 500 códigos pré-determinados.

O código pré-determinado aplicado experimentalmente foi: **G21G91X5F1,04**, em que **G21** é a programação métrica (fixa); **G91** determina o movimento por meio de valores absolutos ou relativos (fixo); **X** é o nº de voltas do disco dosador e **F** é a velocidade do disco dosador (ambas variáveis) no programa Universal G-Code Senter®.

Durante a avaliação do protótipo observou-se a influência direta do mecanismo ejetor de sementes no sistema de dosagem. Em todas as velocidades e capacidade de enchimento do tanque utilizadas o número de sementes duplas ou falhas (que nesse caso seriam sementes presas nos alvéolos do disco) foram maiores quando não se usava o mecanismo ejetor. Conforme mencionado por Cruz (2005), a distribuição de sementes pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a profundidade de plantio, a densidade de semeadura, as características de tamanho e forma das sementes, a adequada manutenção e ajuste da semeadora, a velocidade durante o plantio e a utilização de grafite.

Inicialmente com os dados obtidos fez-se uma análise descritiva referente à média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, simetria e curtose, para avaliação dos

atributos *sementes simples com e sem o uso do ejetor, sementes duplas com e sem o uso do ejetor*.

Através do coeficiente de simetria e curtose foi determinada a normalidade dos dados e foi utilizado a análise de variância para médias que apresentaram normalidade. A normalidade encontrou-se dentro dos valores estabelecidos por Oliveira (2010), onde mesmo afirma que se os coeficientes de simetria e curtose estiverem dentro do intervalo de -3 e 3 os dados apresentam distribuição normal.

Os dados foram analisados pelo software Minitab versão 18, gerando assim um perfil da distribuição de sementes pelo mecanismo dosador.

Tabela 4 – Estatística básica da distribuição de sementes pelo mecanismo dosador

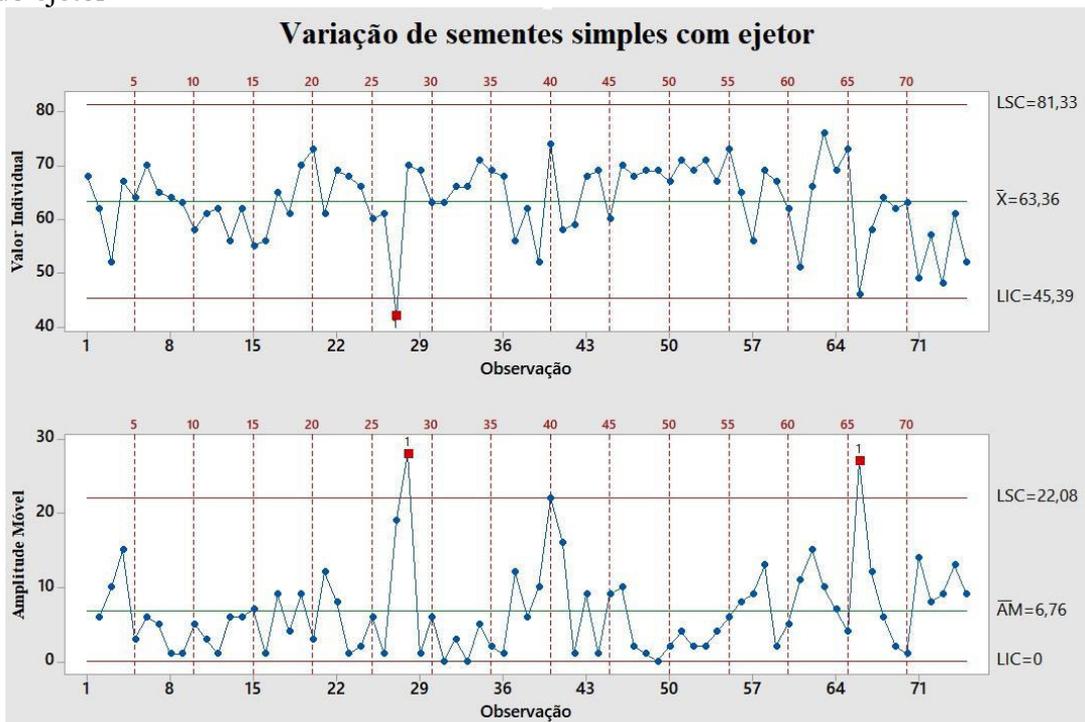
	Sementes Simples		Sementes Duplas	
	Com ejetor	Sem ejetor	Com ejetor	Sem ejetor
Média	63,36	56,01	9,43	6,21
Desvio padrão	6,99	8,72	5,45	4,18
Variância	48,94	76,01	29,68	17,47
Coeficiente de variação	11,04	15,57	57,79	67,27
Mínimo	42	28	-	-
Máximo	76	72	26	18
Simetria	-0,82	-0,61	0,69	0,79
Curtose	0,46	0,55	0,23	0,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a análise estatística dos dados obtidos, verificamos a estabilidade do processo na operação do mecanismo dosador. Segundo Toletto (2008), em um processo instável, além da variação inerente às causas comuns associadas a toda operação, também existem as causas especiais. Essas últimas requerem atenção e correção para assegurar a estabilidade do processo, sendo provenientes de fatores relacionados aos "6 Ms" (mão-de-obra, meio ambiente, máquina, método, medição e matéria-prima), os quais contribuem para a variabilidade. Porém, pelas cartas de controle apresentadas nas figuras 20, 21, 22, 23 e 24, o processo encontra-se estável, corroborando com Albiero (2010), Albiero *et al.*, (2012) e Melo (2013), onde estes autores, seguindo a metodologia de Barros (2008), consideram o processo estável quando 95% ou mais dos pontos das amostras estão dentro do intervalo de confiança. Essa metodologia não mascara

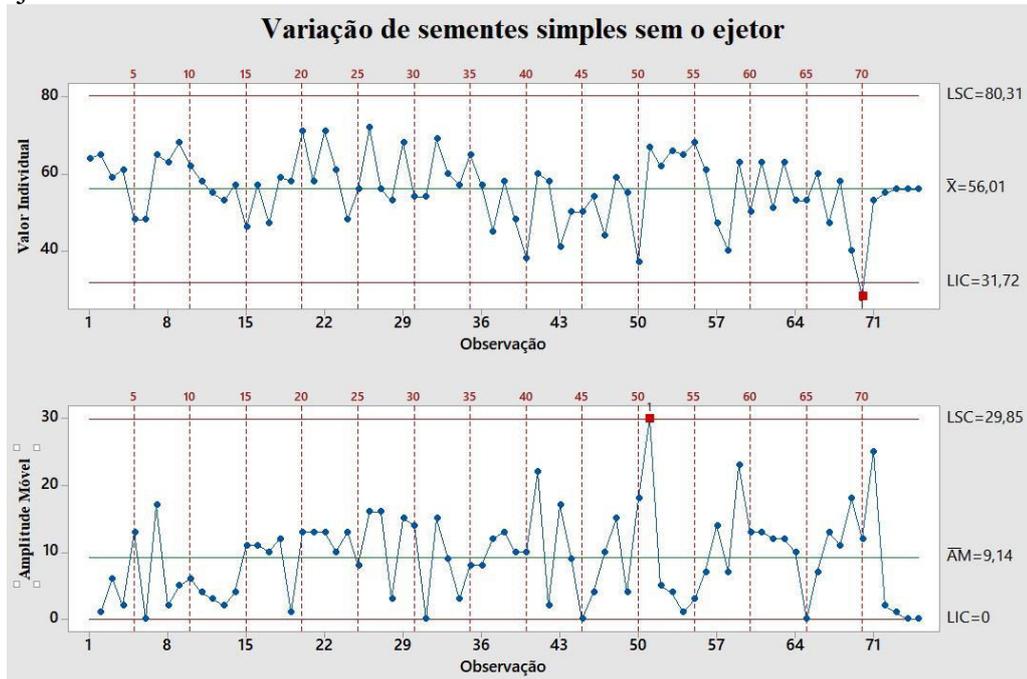
os dados pois os 5% retirados não vão influir significativamente na amostragem. Melo (2013) e Albiero (2010), fomentam que o autor adota essa metodologia, pois em um processo industrial deve haver o controle preciso de todas as etapas a serem realizadas, porém na agricultura o índice de variabilidade do processo por conta da matéria prima, condições meteorológicas, etc, é alto, por conta disso deve-se adaptar as ferramentas de controle estatístico de qualidade.

Figura 20 – Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes simples com o uso do ejetor



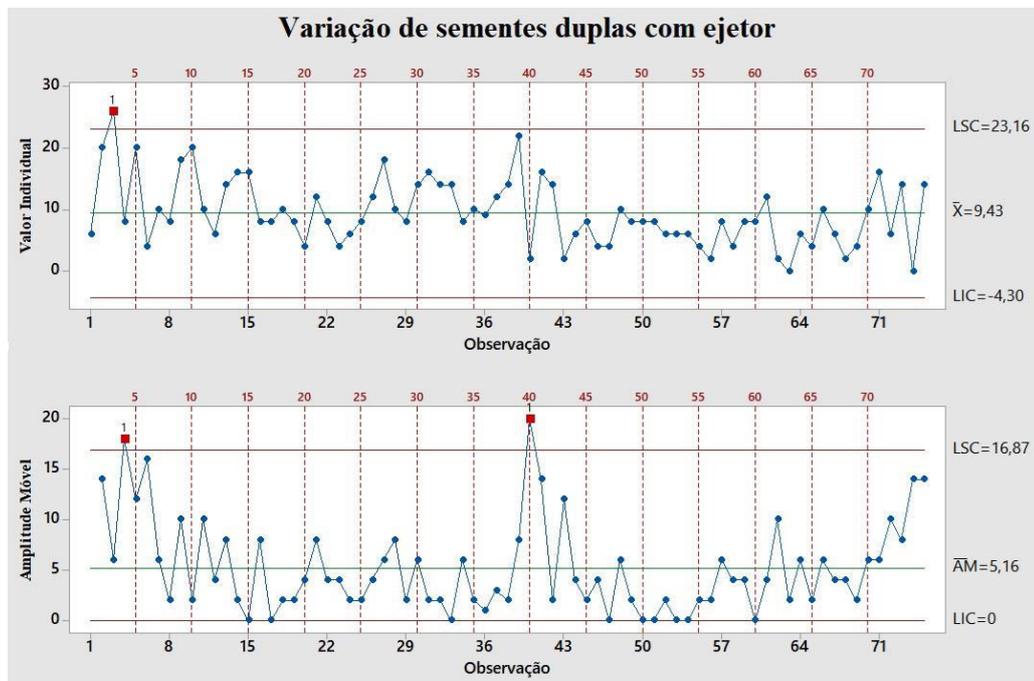
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes simples sem o uso do ejetor



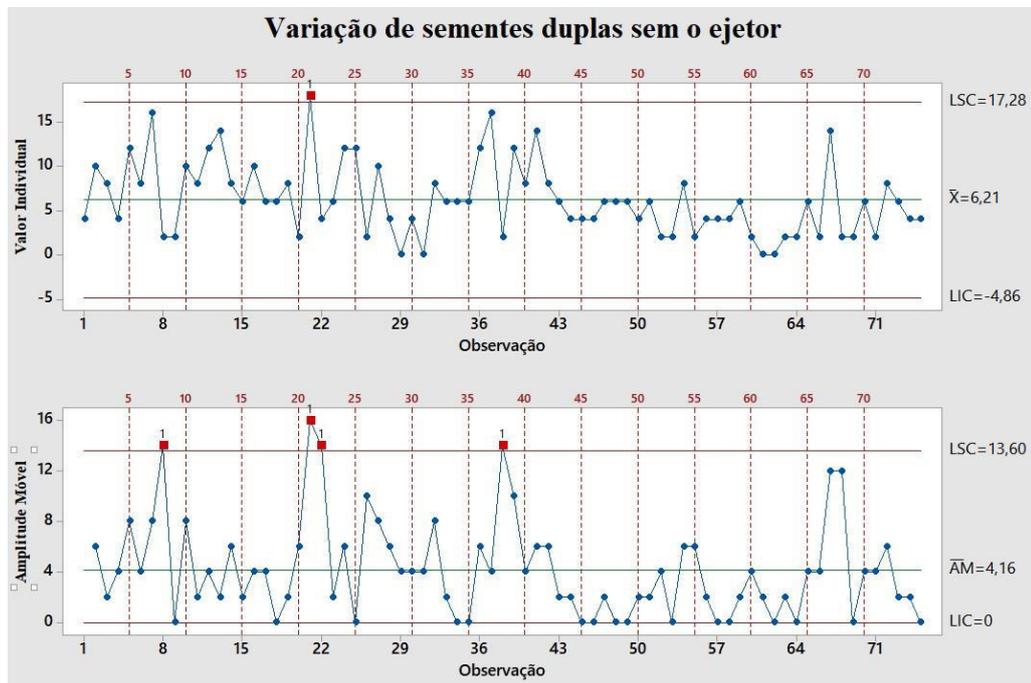
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes duplas com o uso do ejetor



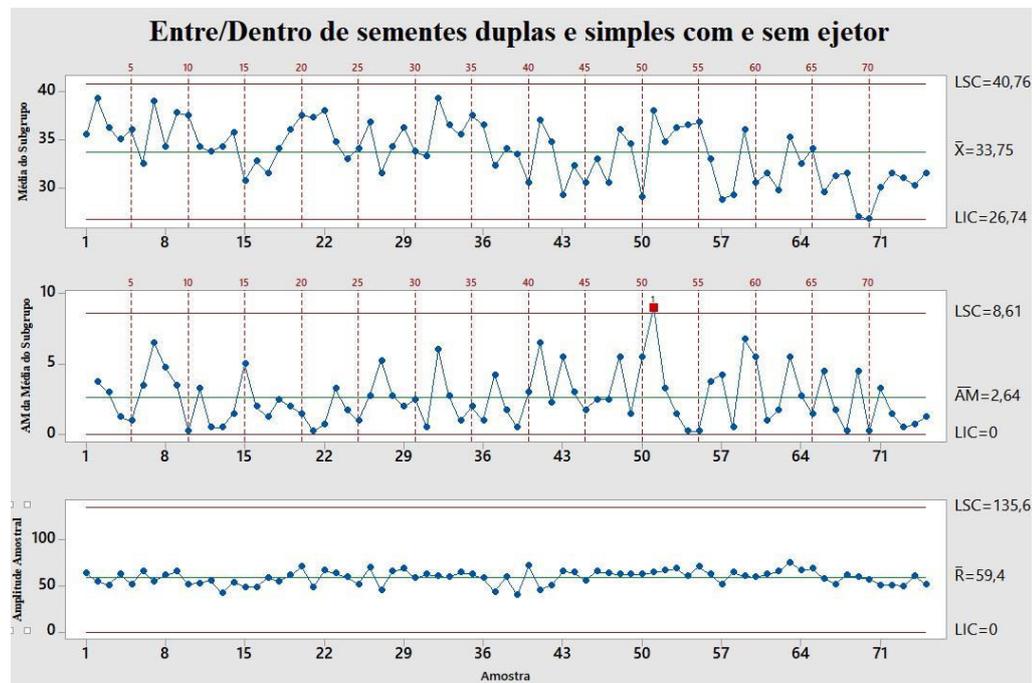
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 – Carta de controle estatístico do processo para variação de sementes duplas sem o uso do ejetor



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – Carta de controle estatístico do processo para variação geral de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os gráficos de controle para sementes duplas e simples com o emprego do mecanismo ejetor (FIGURAS 20 e 22), nota-se que a média do sistema tende a se aproximar do Limite Inferior de Controle (LIC), embora permaneça dentro dos limites controlados. Essa tendência pode ser atribuída ao aumento da velocidade de rotação do disco no sistema. Visto que, até a velocidade de 30 RPM ($3,14 \text{ rad.s}^{-1}$) todo o sistema tende a se aproximar mais do LSC.

O mesmo ocorre nos gráficos de controle para sementes duplas e simples sem o emprego do mecanismo ejetor (FIGURAS 21 e 23), corroborando com Correia *et al.* (2020) em que os autores explanam que a velocidade de semeadura maior que $4,5 \text{ km h}^{-1}$ provoca maior índice de falhas e duplas e diminui a precisão dos dosadores de disco horizontal.

Dessa forma, desvios nos pontos podem ter sido ocasionados por falhas na configuração da máquina. Conforme indicado por Cortelini *et al.* (2022), a investigação dessas causas é crucial, uma vez que a diminuição na emergência de plântulas pode estar diretamente associada à profundidade de semeadura. Isso se deve ao fato de que uma camada de solo mais espessa demanda maior consumo de energia para a formação de estruturas não essenciais para a planta, como o alongamento do hipocótilo, necessário para superar a resistência do solo. Essa condição adversa impacta negativamente o estabelecimento inicial do plantio, a competitividade da cultura e o potencial produtivo da soja.

A média do número de queda de sementes aceitáveis (sementes simples) no sistema foi maior quando houve o uso do mecanismo ejetor (~ 63 sementes em 5 voltas do disco) do que quando não se fez uso desse mecanismo (~ 56 sementes em 5 voltas do disco). A quantidade média de sementes duplas ou falhas foi maior com o uso do mecanismo (~ 9 sementes em 5 voltas do disco) do que sem o seu uso (~ 6 sementes em 5 voltas do disco). Essa situação pode ser atribuída a uma maior ocorrência de sementes ficando retidas nos alvéolos, resultando na sua não liberação e posteriori não contagem.

A semeadora mecânica demonstra uma diminuição no número de sementes consideradas aceitáveis à medida que a velocidade aumenta, sendo esse efeito mais pronunciado na maior velocidade. Esses resultados estão em concordância com as constatações de Bortoli *et al.* (2021), os quais observaram pontos fora dos limites de controle ao operar a semeadora em velocidades mais elevadas, como 6 km/h e 7 km/h .

Ao analisar o gráfico da Figura 24, é possível observar simultaneamente a média do processo e a variação geral do mesmo. A média de liberação de sementes no sistema diminui à medida que a velocidade aumenta, enquanto a variação do processo, avaliada pela média

aritmética dos subgrupos (AM), que identifica a presença de causas especiais, mostra-se predominantemente mais próxima do Limite Superior de Controle (LSC).

No entanto, durante a avaliação, identificou-se a existência de causas especiais no processo, como a elevada ocorrência de travamento do disco dosador, especialmente acentuada com o uso do mecanismo de ejeção da semente. Essa situação pode ser atribuída a diversos fatores intrínsecos ao protótipo, incluindo o material utilizado na sua fabricação, as dimensões das estruturas (como a ranhura do disco e a parte da estrutura de encaixe do mecanismo ejetor), entre outros.

As informações estão em consonância com os resultados de Cintra *et al.* (2020), cujo estudo abordou a qualidade do sistema de semeadura da soja e identificou que o componente operacional da semeadura desempenhou um papel crucial na inconsistência da distribuição de plantas. Isso destaca a importância de aprimorar o sistema de distribuição de sementes para evitar possíveis consequências adversas.

Corroborando com os resultados encontrados, os gráficos de controle do processo, asseguram que os resultados se ajustam tanto quanto possível aos objetos previamente estabelecidos. Com isso verifica-se que a atividade controlada está alcançando os resultados desejados.

5.4 Teste de germinação em laboratório

Seguindo as instruções da RAS (ANEXO I) deu-se prosseguimento ao teste de germinação no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) localizado no Campus do Pici na Universidade Federal do Ceará.

Os percentuais de germinação para as sementes estão apresentados na Tabela 4. Importante notar que as sementes não passaram por nenhum processo de beneficiamento ou tratamento, o que justifica a baixa taxa de germinação observada. No entanto, ao analisar qualitativamente o protótipo, percebeu-se que a passagem da semente pelo mecanismo dosador exerce um impacto mínimo na viabilidade germinativa dessas sementes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e foi conduzido o teste de Tukey com um nível de significância de 5%.

Tabela 5 - Valores percentuais obtidos pelo teste de germinação em laboratório nas variáveis de germinação de plântulas normais (GPN), germinação de plântulas anormais (GPA) e sementes mortas (SM) foram registrados para as sementes de soja, tanto as que foram submetidas ao mecanismo dosador quanto as que não passaram por esse processo.

Variável	Mecanismo Dosador	
	Com dosagem	Sem dosagem
GPN (%)	64	65,5
GPA (%)	20	20,5
SM (%)	16	14

Fonte: Elaborado pelo autor.

*Porcentagem de germinação das sementes de soja.

Verificou-se que as sementes submetidas ao sistema de dosagem, oriundas da porção designada como "sementes puras" (ou seja, aquelas sem nenhum dano físico aparente), não diferenciaram entre si estatisticamente. O que mostra que as sementes não foram afetadas morfológicamente pelo sistema de dosagem. Vieira *et al.* (2006) em estudo com rotação de cilindro de trilha determina que em rotações determinadas não afetaram a qualidade fisiológica da semente.

Segundo Almeida *et al.* (2003), onde avaliaram danos mecânicos ocasionados por sistemas dosadores de sementes, detectaram que os sistemas disco horizontal perfurado e copo dosador mostraram os melhores resultados para a cultura da soja.

Os resultados encontrados no experimento corroboram com o estudo conduzido por Mantovani *et al.* (1992), no qual foram analisados nove semeadoras-adubadoras em condições de campo, foi concluído que em nenhum dos casos houve diminuição na qualidade das sementes após sua passagem pelos mecanismos dosadores.

Tabela 6 - Médias resultantes do teste de germinação em laboratório foram calculadas para as variáveis de germinação de plântulas normais (GPN), germinação de plântulas anormais (GPA) e sementes mortas (SM) em sementes de soja. Essas médias foram obtidas tanto para as sementes que foram submetidas ao mecanismo dosador quanto para aquelas que não foram submetidas a esse processo.

Variável	Mecanismo Dosador		DMS ¹
	Com dosagem	Sem dosagem	
			5,45

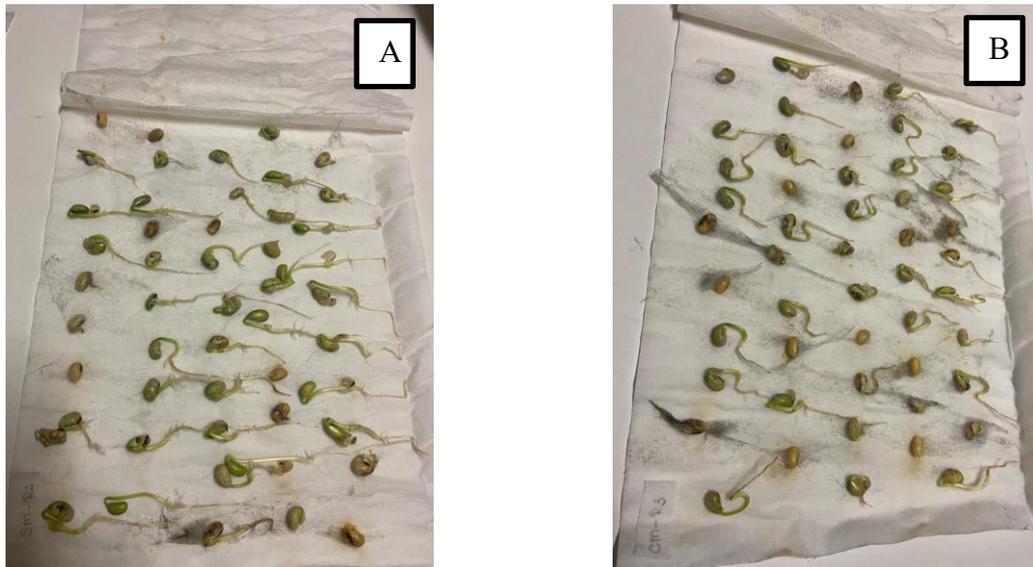
GPN	32 a	32,75 a	
GPA	10 a	10,25 a	
SM	8 a	7 a	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. 1Diferença mínima significativa (DMS) entre as médias de cada variável para as sementes submetidas ao mecanismo dosador quanto para aquelas que não foram submetidas a esse processo.

Visualmente pode-se comprovar que as sementes não demonstraram grande discrepância quanto ao poder germinativo. Embora a avaliação visual das sementes forneça informações preliminares sobre sua aparência e possível uniformidade, é fundamental realizar testes de germinação para obter uma compreensão mais precisa e confiável do poder germinativo. Esses testes oferecem dados objetivos sobre a capacidade real das sementes de se desenvolverem em plantas saudáveis.

Figura 25 – Sementes germinadas após 5 dias do início do teste. Sementes que não passaram no mecanismo dosador (A) e sementes que passaram no mecanismo dosador (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A germinação e o vigor das sementes de soja são afetados pela variedade da planta e pelo período de semeadura, conforme evidenciado por Rahman *et al.* (2013).

Alguns defeitos foram detectados nas sementes anormais que incluíram a ausência ou quebra de radícula, hipocótilo deteriorado por infecção, cotilédones quebrados ou separados

da plântula, os quais poderiam ter efeitos adversos ao longo do desenvolvimento da planta, conforme destacado por (BRASIL, 2009).

Figura 26 – Semente normal, semente anormal e semente morta, respectivamente. Sementes que não passaram no processo de dosagem (A) e sementes que passaram no processo de dosagem (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

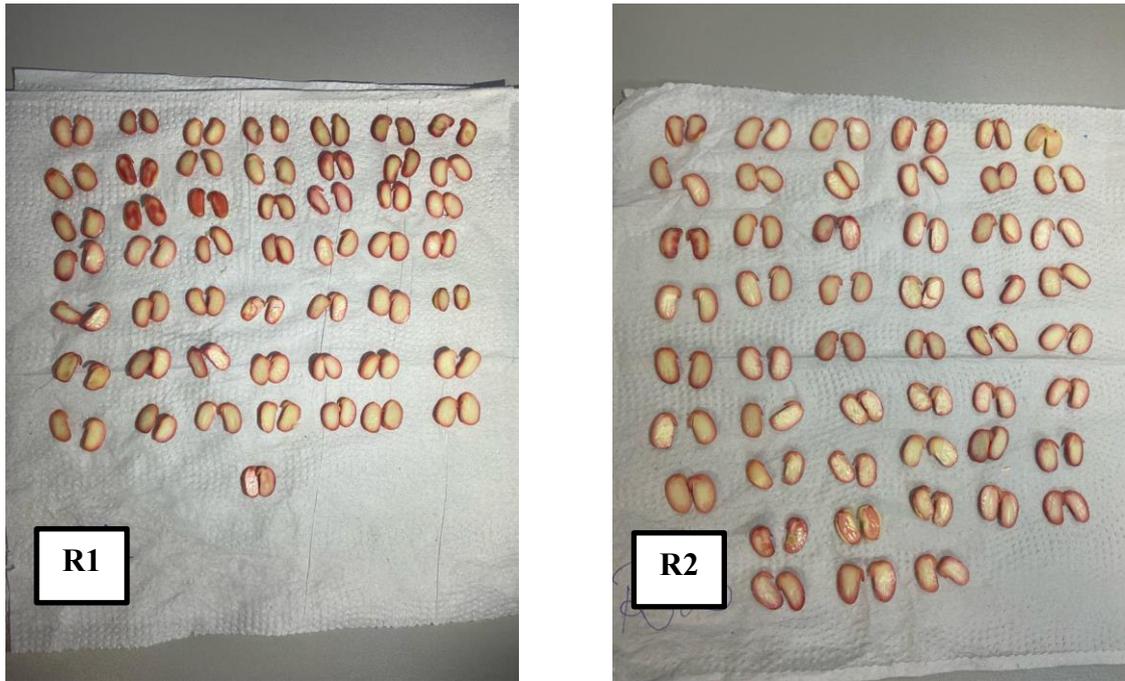
O teste não revelou percentagens de germinação significativamente elevadas, entretanto, observou-se uma proporção substancial de sementes consideradas anormais ou inativas. Diante dessa situação, tornou-se imperativo avaliar a viabilidade das sementes por meio do teste de tetrazólio.

5.5 Teste de tetrazólio

Conforme as diretrizes fornecidas pela RAS (ANEXO II), o teste de tetrazólio foi continuado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) situado no Campus do Pici, pertencente à Universidade Federal do Ceará.

Os resultados do teste de tetrazólio revelaram que as sementes, em geral, demonstraram o melhor potencial de germinação que as do teste de germinação realizado. Esse potencial diminuiu à medida que o teor de umidade foi detectado na avaliação das sementes.

Figura 27 – Face interna das sementes de soja com corte longitudinal colorida após imersão no sal de tetrazólio. Avaliação das repetições 1 e 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 – Face interna das sementes de soja com corte longitudinal colorida após imersão no sal de tetrazólio.





Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao levar em consideração as propriedades do teste de tetrazólio, é frequente observar coeficientes de variação com magnitudes mais elevadas, como destacado por Pereira *et al.* (2000) e Toledo *et al.* (2012).

Neste experimento não foi detectado danos mecânicos ou danos por percevejos, porem durante as avaliações ficou evidenciado danos por umidade em algumas sementes (Tabela 6). Bornhofen *et al* (2015), não detectaram pelo teste de tetrazólio danos mecânicos, detectados em outros testes. Os autores relatam que essa situação ocorreu devido a danos no tegumento causados pela exposição alternada a condições ambientais úmidas e secas durante o período pós-maturidade fisiológica, como evidenciado pelos índices substanciais de danos causados pela umidade. Pinto *et al.* (2007), corroboram com os autores relatando que as repetidas contrações e expansões no volume das sementes podem levar à ruptura do tegumento.

Tabela 7 - Resultados do teste de tetrazólio obtidos das sementes de soja submetidas ao mecanismo dosador.

Parâmetro	Média
Viabilidade	87
Vigor ¹	83
Danos Mecânicos ²	0
Deterioração por Umidade ²	12
Danos de Percevejo	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

¹Nível de vigor: muito alto: $\geq 90\%$; alto: 85 a 89%; médio: 75 a 84%; baixo: $\leq 74\%$.

²Porcentagem de perda de viabilidade causada pelo respectivo tipo de dano.

*A tabela do teste de tetrazólio em sementes de soja utilizada nesse experimento encontra-se no apêndice II.

O teste de tetrazólio foi considerado válido pois os resultados se mantiveram dentro do nível de tolerância aceitáveis de acordo com a RAS (BRASIL, 2009). Considerando as tolerâncias máximas aceitáveis para os resultados repetidos do mesmo teste, com uma probabilidade de 2,5%, a discrepância entre o maior e o menor valor das repetições (totalizando 10) é inferior à tolerância máxima permitida (11). Portanto, conclui-se que o resultado do teste é considerado válido.

Os resultados apresentados na Tabela 6 mostram que, pelo teste, o nível de vigor das sementes foi alto (85 a 89%), e a viabilidade das sementes foi afetada apenas por danos por umidade elevada das sementes. Em estudo realizado por Albrecht *et al.* (2008) com dados climáticos e atribuições a restrições hídricas, demonstraram uma redução no potencial de vigor em decorrência do atraso na semeadura refletido adequadamente a situação de estresse hídrico ocorrida no ano agrícola. Pelúzio *et al.* (2006) corroboram com os autores relatando que quando realizadas em distintas épocas, as semeaduras permitem que as cultivares revelem suas capacidades em resposta às variações ambientais, as quais se modificam tanto espacial quanto temporalmente.

O estudo conduzido por Juvino *et al.* (2014) sobre o beneficiamento e períodos de armazenamento da soja concorda com os achados deste estudo. Os pesquisadores destacam características superiores ao realizar o teste de tetrazólio, evidenciando principalmente valores mais baixos de danos mecânicos e um vigor alto, de acordo com a classificação.

5.6 Processo de patente

A elaboração minuciosa no processo de desenvolvimento do protótipo resultou na escrita de uma patente, a qual foi formalmente registrada por meio do sistema da Universidade Federal do Ceará (UFC), na coordenadoria da UFC INOVA, que é a instância responsável pela gestão da Política de Inovação da Universidade Federal do Ceará (UFC) e está vinculada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da (PRPPG).

O número do processo de depósito gerado pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial é BR 102023027852-3.

Este documento confere proteção à propriedade intelectual, abrangendo tanto a concepção da ideia quanto o conjunto físico do protótipo. Foi feita a apresentação de uma documentação detalhada que descreveu de forma clara e completa a inovação, mostrando como ela é única e inovadora em relação às tecnologias existentes. Essa é uma maneira de incentivar a inovação.

6 CONCLUSÕES

O planejamento, construção e análise do protótipo do dosador de sementes com disco horizontal foram executados de maneira eficaz.

Apesar de terem sido identificadas causas especiais no sistema, este se revelou eficaz e dentro dos padrões de controle de processos.

As sementes submetidas ao processo de dosagem não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si para viabilidade de germinação e vigor das sementes, indicando que o sistema de dosagem não afetou morfológicamente as sementes.

A uma velocidade baixa (até 30 rpm ou 3,14 rad/s), o número de sementes simples dosadas pelo sistema registrou uma proporção estimada para sementes depositadas.

Embora o sistema de dosagem tenha se mostrado eficiente em sua avaliação, reconhece-se a necessidade de implementar melhorias para aprimorar ainda mais o desempenho do sistema.

REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, A. L., ALBERTIN, R. M. A internet das coisas irá muito além das coisas. **GV EXECUTIVO**. p. 13-17. v 16 • n 2 • mar/abr 2017.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; AGUIAR, C. G.; AVILA, M. R.; STULP, M. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.445-454, 2008.
- ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 244p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- ALBIERO, D.; MACIEL, A.S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L.A.; MION, R.L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 86-95, 2012.
- ALENCAR, J. R.B., SOUZA JR, M. B., ROLIM NETO, P. J., LOPES, C. E. Uso de Controle Estatístico de Processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos. **Revista Brasileira de Farmácia**. P 115-119. 2004
- ALMEIDA, R. A.; BARCELLOS, L. C.; XIMENES, P. A. Danos mecânicos ocasionados por sistemas dosadores de sementes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 33 (1): 17-22, 2003.
- ALTMANN, A. S.; BONOTTO, G.J.; BEDIN, P. R. *et al.* **Metodologia para avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras-adubadoras**. In: XIV SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Santa Maria: UFSM, 2010.
- AMORIM, M. Q. **Desenvolvimento de mecanismo sulcador associado ao processo de semeadura e características agronômicas em função do método de semeadura e velocidade**. 2017. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2017.
- AMORIM, M. Q., CHIODEROLI, C. A., NASCIMENTO, E. M. S., SILVEIRA, W. M., COSTA, R. G. da, DINIZ, J. G. L., MAIA, A. M., BORGES, R. C. P. Qualidade da semeadura do arroz em função do preparo do solo e velocidade operacional do conjunto mecanizado. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 26969-26982, nov. 2019. ISSN 2525-8761
- ANTUNES JUNIOR, E. de J.; REIS, E. F. dos.; ALVES, B. G. X.; OLIVEIRA, D. G. d. Influência da cobertura vegetal na área de contato e patinamentos de trator submetido a diferentes forças de tração. **Espacios**. v.38, n.19, p.1-8, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma 12:02.06-004 – **Semeadora de precisão - Ensaio de laboratório**. 21 p. ABNT, São Paulo, 1994.
- BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1983.

BAIO, T. P. **Avaliação da plantabilidade na cultura da soja com diferentes tecnologias de discos dosadores de sementes e velocidades de deslocamento.** 2020. 46f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista - Unesp. Botucatu - SP, 2020.

BAKER, C. J. *et al.* **No-tillage seeding in Conservation Agriculture.** 2. ed. London: Cromwell Press, 1997.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas.** Piracicaba. 2005. 322p.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas.** 2. ed. São Paulo: Manole, 2004.

BEKEY, G. A. **Autonomous robots:** From biological inspiration to implementation and control. 577p. Cambridge – USA. The MIT press, 2005.

BARROS, F. F. A melhoria contínua no processo de plantio da cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba. p.79. 2008.

BEZERRA, J. H. P. **Sistema de ajuste automático de bitola para tratores agrícola de esteiras.** 2018. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2018.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M. F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 46-55, jan./mar. 2015. e-ISSN 1983-4063 -

BORTOLI, L. F. et al. Sowing speed can affect distribution and yield of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 1, p. 16-22, jan. 2021.

BRASIL, MAPA: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes.** Brasília: DNPV-DISEM. 399p. 2009.

BRITO, J. N. G. de. **Manipulador robótico para poda automática (Projeto RoMoVi).** 2018. 131f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal. 2018.

BRITO, S. H. B. **A Internet das Coisas (IoT).** LabCiscoA Internet das Coisas (IoT). LabCisco. 2014.

BUENO, F. O. **Desenvolvimento e construção de um robô pneumático do tipo gantry para aplicações agrícolas em estufas.** 2018. 83f. Monografia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Unijuí – RS. 2018

CARPES, D. P. **Distribuição longitudinal de sementes de milho e soja em função do tubo condutor, mecanismo dosador e densidade de semeadura.** 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. 2014.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 590 p, 2012.

CINTRA, P. H. M.; COMPAGNON, A. M.; ARRIEL, F. H.; VENTURA, G. S.; NETO, A. M. P. Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja. **Braz. Ap. Sci. Rev**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 1206-1221 mai./jun. 2020 ISSN 2595-3621.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjunturas da Agropecuária. Superintendência Regional de Minas Gerais**. Soja – Janeiro/2023. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/dorak/Downloads/MG-Analise-Janeiro-2023.pdf. Acesso em: 20 out. 2023.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. PRIMEIRO LEVANTAMENTO DA SAFRA 2023/24 TRAZ UMA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE 317,5 MILHÕES DE TONELADAS. Publicado: Terça, 10 de Outubro de 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5211-primeiro-levantamento-da-safra-2023-24-traz-uma-estimativa-de-producao-de-317-5-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 20 out. 2023.

CONAB. **Observatório agrícola: Acompanhamento da safra brasileira grãos**. V.6 – Safra 2018/19 – N. 4 – Quarto levantamento. Jan, 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/23999_57b97f236e2bf03f1f87c796a16fab99. Acesso em: 16 jan. 2019.

CORTELINI, M. B., PELÚZIO, J. M., AFFÉRI, F. S., & DE SOUZA, C. M. Profundidade de semeadura na emergência da soja coinoculada com *Azospirillum brasilense* E *Bradyrhizobium japonicum*. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 9, n. 1, p. 142-155, 2022.

CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G.; DIAS, P. P.; ALMEIDA, S. V. Longitudinal distribution of corn seeds depending on horizontal disk with different Technologies. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n. 1, p. 1-4, 2016.

CORREIA, T. P. S.; LOPES, A. G. C; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F.G. semeadura de soja em função de mecanismos dosadores e velocidade operacional. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 190-198, abril-junho, 2020. ISSN 2359-6562 (ONLINE) 2359-6562 (CD-ROM)

COUTINHO, F. **Tecnologia na agricultura**. [S.l.], 2010. Disponível em: <http://meioambiente.culturamix.com/agricultura/tecnologia-na-agricultura>. Acesso em: 26 out. 2023.

CRUVINEL, P., E. **Instrumentação agropecuária no agronegócio brasileiro do século XXI: Parte 1**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/noticias/artigos/2000/artigo.2004-12-07>. Acesso em: 24 out. 2023.

CRUZ, J.C. **Plantio do milho**. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_1_ed/plantespaca.htm. Acesso em: 08 nov. 2023.

DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas semeadoras de grão grosso**. Santiago: FAO, 48 p. 1986.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Brasília: AGIPLAN, 103p; 1976.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, p. 262, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil – 2009 e 2010**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, p, 262, 2008.

FACHINI, M. P., MESQUITA, N. P., OLIVEIRA, R. P., FRANÇA, P. G. de. Internet das coisas: uma breve revisão bibliográfica. **Conex. Ci. e Tecnol.** Fortaleza/CE, v.11, n. 6, p. 85-90, dez. 2017. DOI: 10.21439/conexoes.v11i6.1007.

FERREIRA, F. M.; OSS, L. L.; CARNEIRO, M. A. de.; LITTER, F. A. **Distribuição longitudinal na semeadura do milho com semeadoras de precisão mecânica e pneumática**. Nativa, Sinop, v. 7, n. 3, p. 296-300, 2019.

FORD, M. **Robôs – A ameaça de um futuro sem emprego**. 408 p. Bertrand editora. Lisboa, 2016.

FRANCISCHINELLI, L. S. **Diferenças entre semeadora mecânica e pneumática**. 2018. Disponível em: <https://maissoja.com.br/diferencas-entre-semeadora-mecanicae-pneumatica/>. Acesso em: 20 set. 2023.

FURLANI, C. E. A., LOPES, A. DA SILVA, R. P. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal - SP, v.25, n.2, p.458-464, maio/ago. 2005.

GARCIA, A. C. B., **Ética e Inteligência Artificial**. **Rev. Computação Brasil**. p.14-22. nov 2020.

GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, É. M.; AMIM, R. T.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 33, p. 417 – 422, 2011.

GRANJA, G. P. **Demanda energética de diferentes conjuntos mecanizados para implantação de modelos de recuperação de áreas degradadas**. Dissertação (Mestrado). Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro - CE, 2018.

GREGÓRIO, B. Q., SILVA, G. B. da, MANFIO, E. R., BUGATTI, I. de G. Estudo e projeto de manipulador robótico microcontrolado com seis graus de liberdade. v. 6 n. 1. **Revista Eletrônica e-F@tec**. 2016.

GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSIC, S., e PALANISWAMI, M.. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, 29(7):1645– 1660. 2013.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007. 80p. (Documentos/Embrapa Soja, n.283)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017** (resultados preliminares). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>. Acesso em: 21 jan. 2019.

JUVINO, A. N. K.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; SALES, J. F. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.8, p.844–850, 2014.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J.A. *et. al.* **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes**. *Bragantia*, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989.

LIMA FILHO, M. R. de, ALBIERO, D., CAVALCANTE, E. S., MELO, R. P., MONTEIRO, L. A. Avaliação do desempenho de uma semeadora pneumática trabalhando em condições semiárida. **Revista Craibeiras da Agroecologia**. Rio Largo – AL. v.1, n.1, 2017.

LIMA, I. O. **Espacialização dos acidentes com tratores nas regiões brasileiras**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016.

LIMA, S. F. D., ALVAREZ, R. D. C. F., THEODORO, G. D. F., BAVARESCO, M., & SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

LOUREIRO, J. F., BRITO, R. C., FAVARIM, F., TODT, E. Automação de estufa agrícola integrando hardware livre e controle remoto pela internet. **Revista de computação aplicada ao agronegócio**. Medianeira, v. 1, n. 1, p. 38-55, jun. 2018.

LUDEMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos avançados** 35 (101). p. 85-94. 2021. DOI: 10.1590/s0103-4014.2021.35101.007.

MACHADO, T. M., REYNALDO, E. F. Avaliação de diferentes semeadoras e mecanismos dosadores de sementes em relação à velocidade de deslocamento. **Energia na Agricultura**. Botucatu – SP. vol. 32, n.1, p.12-16. Jan-Mar, 2017.

MAHL, D. **Desempenho de semeadora em função de mecanismo de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em

Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu – SP. 2006.

MANCINI, M. **Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios**. Jour. p. 1-9. Jun 2018. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/326065859_Internet_das_Coisas_Historia_Conceitos_Aplicacoes_e_Desafios. Acesso em: 24 out. 2023.

MANTOVANI, E. C., BERTAUX, S., ROCHA, F. E. de C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 27(12):1579-1586. Dez., 1992.

MANTOVANI, E. C., CRUZ, J. C., OLIVERA, A. C. de. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.14, n.1, p. 38-48. Sete Lagoas - MG, 2015.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONÉ, I.A.; ANJOS, C. S. dos; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul**. 105p. Porto Alegre: FEPAGRO, 2015.

MELO, R. P. **Qualidade na distribuição longitudinal de sementes por semadoras de precisão e fluxo contínuo nas condições edafoclimáticas do Ceará**. 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2013.

MELO, R. P. **Desenvolvimento e avaliação do protótipo de uma semeadora punccionadora para agricultura familiar**. 2017. Tese (doutorado). Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza – CE. Tese (doutorado), 134f. 2017.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. São Paulo – SP. Millennium, 623 p. 2012.

MIRANDA, L. B., DOMINGUES, S. C. de O., DOSSO, C., CARVALHO, M. A. C. de, YAMASHITA, O. M., RABELO, H. de O. Promotores de crescimento na cultura da soja. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**. V.7 n.2. p. 469-479. ISSN: 2446-4821. 2020.

MODOLO, A. J., SILVA, S. de L., SILVEIRA, J. C. M., MERCANTE, E. Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras de precisão em diferentes velocidades. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa – MG. v.12, n.4, 298-306. Out-Dez, 2004.

MONTEIRO, L. de A., ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Imprensa universitária. Fortaleza, Ceará. 2013.

MONTGOMERY, Douglas C; RUNGER, George C. **Applied statistics and probability for engineers**. 3rd ed. p. cm. John Wiley & Sons, Inc. 2013.

NASCIMENTO, E.M.S. **Desenvolvimento e avaliação do protótipo de semeadora-adubadora no sistema de camalhão**. 2019. 106f. Tese (doutorado). Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza – CE. 2019.

OLIVEIRA, J. U. C. de. **Estatística: uma nova abordagem**. Rio de Janeiro: Ciência, 2010.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. PROJETO NA ENGENHARIA: **Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos métodos e aplicações**. Tradução de Hans Andreas Werner; revisão de Nazen Nascimento. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PELÚZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; BARBOSA, V.S.; RICHTER, L.H.M.; Rubens Ribeiro da SILVA5; AFFÉRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do tocantins. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 2, p. 69-74, 2006.

PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; FRAGA, A. C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1653-1662, 2000.

PINHO, T., CUNHA, J. B., MORAIS, R. Tecnologias da eletrônica e da computação na recolha e integração de dados em agricultura de precisão. **Revista de Ciências Agrárias**. vol.38 no.3 Lisboa. set 2015.

PINTO, T. L. F.; CÍCERO, S. M.; FORTI, V. A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 31-38, 2007.

PINTO, O. R. O. **Manejo do sorgo granífero submetido a diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

PORTELLA, J.A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Embrapa-CNPT. Passo Fundo - RS. 1997.

Portella, J.A. **Semeadoras-adubadoras para plantio direto**. Viçosa: Aprenda Fácil. 252 pp. 2001.

PORTELLA, J.A. **Plantio de Precisão: o desafio para o século XXI**. Embrapa-CNPT - CT, nº 25. Passo Fundo – RS. 1999.

QUEIROZ, R. F. de, MOTA, W. A. da, MACEDO, D. X. S., COSTA, E., CHIORDEROLI, C. A. Cargas no depósito de fertilizante de uma semeadora-adubadora e desempenho operacional. **Revista Ciência Agronômica**. vol.48 no.2 Fortaleza-CE. Abr/Jun 2017.

RAHMAN, M. M.; RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. M. Effect of sowing date on germination and vigour of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) seeds. **The Agriculturists**, Bangladesh, v. 11, n. 1, p. 67-75, 2013.

REBOUÇAS, E.R.; GENTIL, D.F.O.; FERREIRA, S.A.N. Caracterização física de frutos e sementes de goiaba da Costa-Rica, produzidos em Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n.2, p.546-548, 2008.

REBOUÇAS, L. C. F., CARVALHO, E. B. S., CAVALCANTE, J. F. Concentração de mercado: estudo de caso das indústrias de tratores no Brasil. **Revista Eletrônica de Administração (Online)**. ISSN: 1679-9127, v. 16, n.1, ed. 30, Jan/Jun 2017.

REIS, E. F. dos, MOURA, J. R de, DELMOND, J. G, CUNHA, J. P. A. R da. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merril). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**. Vol. 16, No. 3, pp 70-75. La Habana - Cuba, 2007.

RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplenagem e escavação de rocha**. 3ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

RODRIGUES, H. E.. **Desenvolvimento e avaliação de um mecanismo rotativo para descompactação de solo**. 2021. 130f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. 2021.

SAKER, J. F and M.. It Is All About Location: Smartphones and Tracking the Spread of COVID-19. **Soc. Media Soc.**, vol. 6, no. 3, pp. 2–5, 2020, doi: 10.1177/2056305120948257.

SARNO, L. V. **IoT no agronegócio**. National farmers' federation. Prime Minister Turnbull announces new initiatives to revolutionise agriculture. 2015. Disponível em: nff.org.au/read/5166/prime-minister-turnbull-announces-newinitiatives.html. Acesso em: 24 out. 2023.

SCHLOSSER, J. F. **Influencia de avance cinemático de las ruedas delanteras motoras em la eficiencia em tracción de los tractores agrícolas**. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 1996.

SEDIYAMA, T., SILVA, F., BORÉM, A. **Soja do Plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, MG, 2015. 333p.

SILVA, J. A. S.; MAIRINK, C. H. P. Inteligência artificial: aliada ou inimiga. **LIBERTAS: Rev. Ciênci. Soc. Apl.**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 64-85, ago./dez. 2019

SILVA, J. B. **Projeto, Construção e Funcionamento de uma Semeadora Controlada Remotamente**. 2023. 61 f. Monografia (TCC em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2023.

SILVA, M. & GAMERO, C.. (2010). Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento. **Energia na agricultura**. 25. 10.17224/EnergAgric. v25n1p85-102. 2010.

SILVA, R. P.; CORA, J. E.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A. Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor

de água do solo durante a germinação de sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.929-937, 2008.

SILVA, V. F. A. **Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades**. 2015. 64f. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista - UNESP. Jaboticabal – SP. 2015.

SILVEIRA, J. C. M. et al. Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de semente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, n. 1, p. 125-128, 2005.

SILVEIRA, W. M. **Características físicas e fisiológicas de sementes de milho submetidas ao sistema de trilha manual e mecanizada em cinco teores de água**. 2015. 56 f. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza - CE. 2015.

SIQUEIRA, R. **Semeadoras-adubadoras para sistema de plantio direto com qualidade**. Londrina.p.1-6, Set 2008.

SOUZA JÚNIOR R. L.; CUNHA J. P. A. R. Desempenho de uma semeadora de plantio direto na cultura do milho. **Revista Agrotecnologia**. Anápolis-SP. v.3, n.1, p.81- 90, 2012.

STRAPSON NETO, L.; LASKOSKI, M.; JASPER, S. P.; CAMPOS, G. S. de.; KMIECIK, L. L.; PARIZE, G. L. Agricultural tractor traction efficiency by changing the mass distribution between axles and speed. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.25, n.4, p.277-281, 2021.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**. Três Lagoas-MS, V 2 – n.º 2 – ano 2, setembro de 2005.

TEÓFILO, E. M.; DUTRA, A. S.; DIAS, F. T. C. Potencial fisiológico de sementes de soja produzidas no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 38, p. 401-406, 2007.

TOLEDO, A. D. **Variabilidade espacial e diagnóstico da qualidade do processo em semeadura de amendoim**. 2008.

TOLEDO, M. Z.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. de B. Qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em duas épocas após dessecação com glyphosate. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 134-142, 2012.

TORRES, C. J. **Arquitetura supervisória aplicável na robótica agrícola móvel**. 2013. 144f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – SP. 2014.

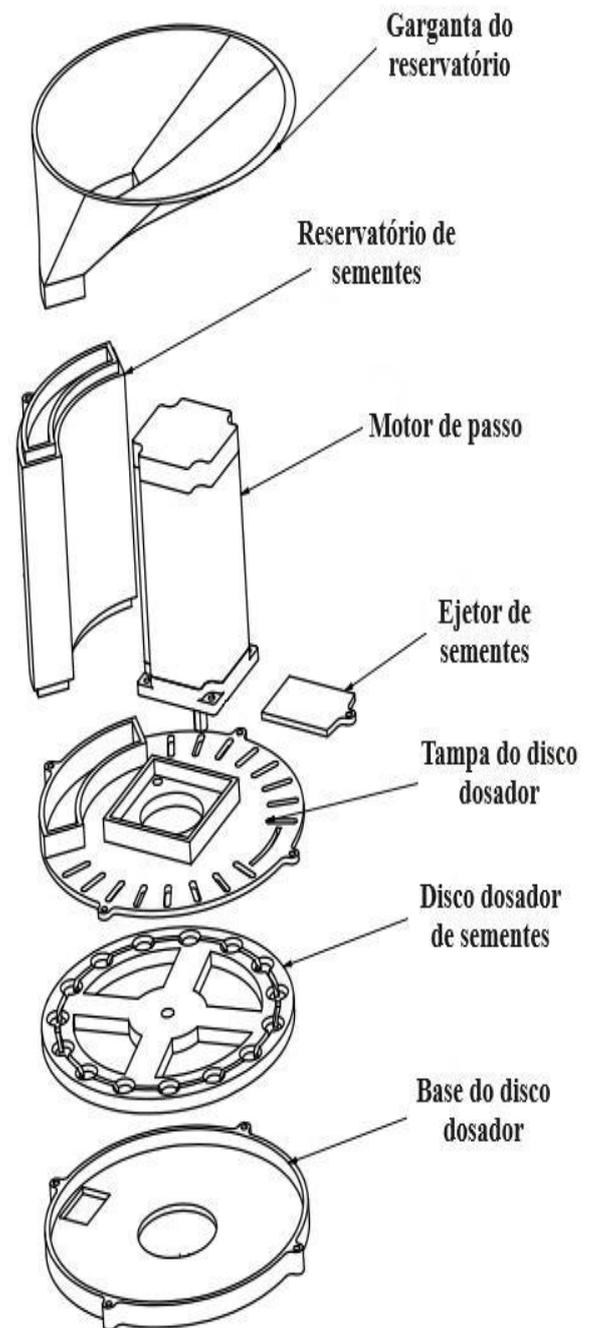
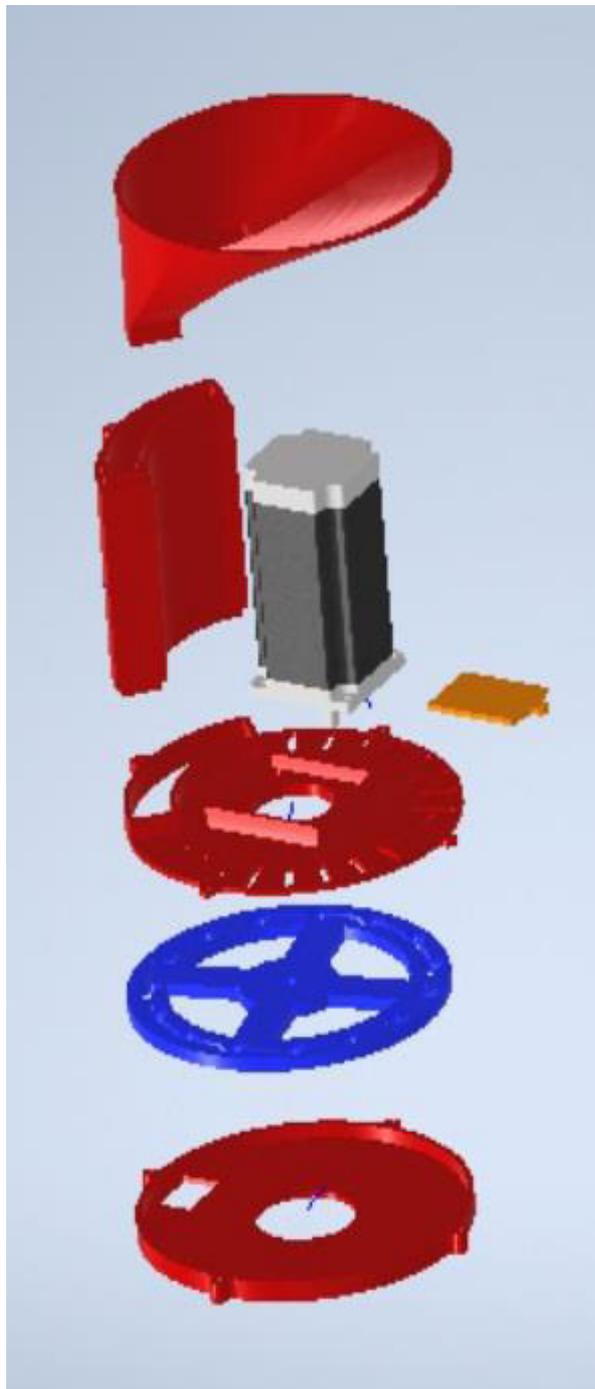
VIAN, C. E. de F., ANDRADE JÚNIOR, A. M., BARICELO, L. G., SILVA, R. P. da. Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. **RESR**. Piracicaba-SP, Vol. 51, Nº 4, p. 719-744, Out/Dez 2013 – Impressa em Fevereiro de 2014.

VIERIRA, B. G. T. L.; SILVA, R. P.; VIEIRA, R. D. Qualidade física e fisiológica de semente de soja colhida com sistema de trilha axial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.478-482, maio/ago. 2006.

VIGANÓ, J. P.; TAVARES, C. A.; FORALOSSO, A. A.; BITENCOURT, R.; DUARTH, M.; SONCELA, R.; SILVA, T. R. B.; SILVA, S. L.; PRIMO, M.A. Velocidade de emergência na cultura do milho em função da velocidade de deslocamento e mecanismos sulcadores. **Revista Cultivando o Saber**. Cascavel – PR. v.1, n.1, p. 7-16, 2008.

VILAGRA, JOSÉ MOHAMUD. **Adequação Ergonômica de Trator Agrícola de Média Potência**: Construção e Validação de um Instrumento de Avaliação a Partir do Construto de Conforto, Segurança e Eficiência. 2009. 133 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

ZHAN, Z., YAOMING, L., JIN, C., & LIZHANG, X. X. Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder. **Biosystems engineering.** 106(4), 344-351. 2010.

APÊNDICE A – VISTA DE TODAS AS ESTRUTURAS DO PROTÓTIPO

APÊNDICE B – FICHA DE TESTE DE TETRAZÓLIO USADA NO EXPERIMENTO

TESTE DE TETRAZÓLIO EM SEMENTES DE SOJA																									
AMOSTRA: <i>Sem. Sub. ao Desador</i>					LOCAL: <i>LAS / UFC</i>																				
Nº DE SEMENTES TESTADAS: <i>100 (2x50)</i>					PROJETO: <i>Des. de Sementes</i>																				
DATA: <i>01/09/2023</i>					ANALISTA: <i>Gabriela</i>																				
1.	Y	Y	Y	Y	Y	X	X	X	X	X						x2	40								
2.	P	P	P	P	P	X	X	X	X	X						x2	26								
3.	P	P	X	P	P	X									x2	13									
4.	X													x2	2										
5.	X													x2	2										
DURAS																								x2	0
6.														x2	0										
7.	P	P	P	P	P	P	P								x2	16									
8.	X													x2	2										
Nível de vigor 1-3: <u>78</u> (%) Viabilidade (1-5): <u>83</u> (%)																									
1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					x2	56									
2.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P					x2	20									
3.	P	P	X	P	P	P								x2	12										
4.	X													x2	4										
5.														x2	0										
DURAS																							x2	0	
6.														x2	0										
7.	P	P	P	P	P	P								x2	8										
8.														x2	0										
Nível de vigor 1-3: <u>88</u> (%) Viabilidade (1-5): <u>92</u> (%)																									
REPETIÇÕES	DANO MECÂNICO		UMIDADE		PERCEVEJO		DURAS x2	VIGOR (1-3)	VIAB. (1-5)																
	(1-8)x2	(6-8)x2	(1-8)x2	(6-8)x2	(1-8)x2	(6-8)x2																			
I	0	1 -	44	16	0	0	0	78	83																
II	0	0	40	8	0	0	0	88	92																
MÉDIAS	0	0	42	12	0	0	0	83	87																

OBS.: P = umidade L = dano mecânico F = percevejo

ANEXO A – REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES PARA TESTE DE GERMINAÇÃO DE SOJA

REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES

Espécie Botânica	Peso da subamostra para teste por repetições pesadas (g)*	Substrato	Temperatura em °C	Contagem em dias		Instruções adicionais incluindo recomendações para superar dormência
				1ª	Final	
<i>Gleditsia triacanthos</i>	--	SP	20	7	21	39 seguido do 41; (94)
<i>Gloxinia</i> spp. (<i>Glycine javanica</i>) ver <i>Neotonia wiewhiti</i>	--	SP; SA	17-30	7	28	--
<i>Glycine max</i>	--	RP; EA	20-30; 25; 30	5	8	38; 70
<i>Godetia whitmoyi</i>	--	SP; EP	15; 20-30	4	14	1Z
<i>Gomphrena globosa</i>	--	SP; EP; SA	20-30; 20	4-7	14	KNO ₃
<i>Gonolimon tataricum</i>	--	SP; EP	15; 10	5-7	21	51
<i>Gossypium</i> spp.	--	RP; EA	20-30; 25; 30	4	12	38
<i>Grevillea robusta</i>	--	SP; SA	20-30	7-10	28	1; KNO ₃
<i>Gypsophila carminea</i>	--	SP	15	--	8	--
<i>Gypsophila elegans</i>	--	SP; EP	20; 15	4-7	14	KNO ₃ ; L
<i>Gypsophila pacifica</i>	--	SP	15	--	8	--
<i>Gypsophila paniculata</i>	--	SP; EP	20; 15	4-7	14	KNO ₃ ; L
<i>Gypsophila repens</i>	--	SP; EP	20; 15	4-7	14	L

ANEXO B - REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES PARA TESTE DE TETRAZÓLIO DE SOJA

6 - TESTE DE TETRAZÓLIO

Gênero/Espécie Familia botânica	Pré-umedecimento			Preparo/ Coloração	Coloração			Preparo para Avaliação	Avaliação: Área Máxima Permitida de Tecido não Colorido, Flácido ou Necrosado	Observação	Bibliografia
	Tipo	Tempo (h)	Temp. (°C)		Solução (%)	Tempo (h)	Temp. (°C)				
<i>Glycine max</i> (Fabaceae)	EP*	16			0,075 - 0,1	2,5-3,0	35-40	Bisseção longitudinal através do eixo embrionário entre os cotilédones.	Coifa, córtex, área dos cotilédones abaixo da região vascular ou bordas dos cotilédones. Aspecto de mosaico nos cotilédones	São consideradas não viáveis as sementes com fraturas, picadas por percevejos e deterioração por umidade nas regiões meristemáticas apical e radicular do eixo embrionário, ao longo do cilindro central, e na região vascular dos cotilédones. *Recomenda-se realizar o pré- condicionamento da semente em caixa gerbox com tela modificada sobre uma lâmina d'água por 16-24hs a 20- 25°C, quando a mesma estiver excessivamente desidratada, para evitar possíveis danos causados por embebição. Para sementes duras, punção ou corte do tegumento, em área não decisiva, ou escarificação manual com lixa fina.	FRANÇA NETO <i>et al.</i> , 1998
		6									