

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA RECOBRIMENTO DE  
SEMENTES

**FLÁVIO WIRLAN ANDRADE DA SILVA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MARÇO – 2021



# DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA RECOBRIMENTO DE SEMENTES

**FLÁVIO WIRLAN ANDRADE DA SILVA**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Henrique Duarte Vieira

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MARÇO – 2021

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

S586

Silva, Flávio Wirlan Andrade da.

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA RECOBRIMENTO DE SEMENTES / Flávio Wirlan Andrade da Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

121 f. : il.

Bibliografia: 102 - 109.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Drageadora. 2. Protótipo. 3. Recobrimento de sementes. 4. Camadas. 5. Rotação. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

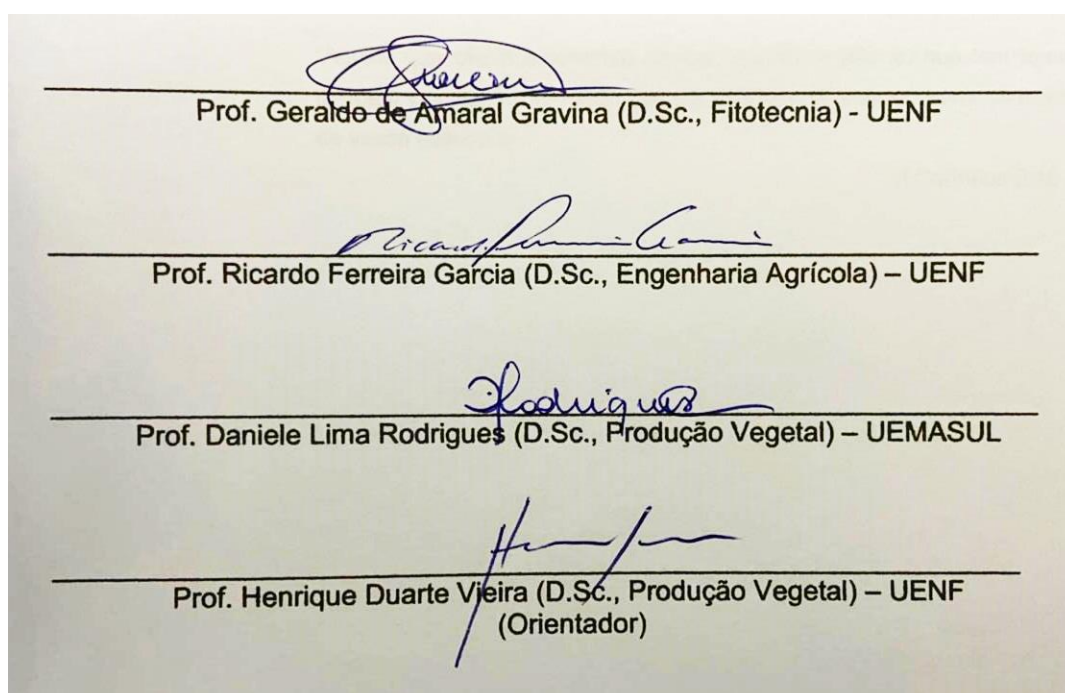
# DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA RECOBRIMENTO DE SEMENTES

**FLÁVIO WIRLAN ANDRADE DA SILVA**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovado em 19 de março de 2021

Comissão Examinadora:



Dedico

À MINHA MÃE E FILHAS  
(VANDA, FLAVIANE E MARIA)

“Aquele que oferta a semente ao que semeia, e pão ao que tem fome, também vos suprirá e multiplicará a semente e fará desenvolver os frutos da vossa fidelidade.”

II Coríntios 9:10

## AGRADECIMENTOS

Principalmente a Deus, por proporcionar tantas conquistas em minha vida e me guiar sempre para o caminho certo;

À minha família, pelo apoio, pelo amor e pela companhia;

Ao Prof. Henrique Duarte Vieira, pela orientação, pelos ensinamentos e pela confiança, pelos momentos de descontração e pelas inúmeras conversas sobre a vida;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF pela oportunidade de cursar o Doutorado;

Aos amigos de laboratório;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 88882.449527/2019-01.

Obrigado.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Recobrimento em sementes de milho e Braquiária.....	3
2.1.1. Importância do milho.....	5
2.1.2. Importância do gênero Brachiaria no Brasil.....	6
2.2. Recobrimento de sementes no Laboratório de Fitotecnia da UENF .....	7
2.3. Silício.....	11
2.4. Cálcio.....	12
2.5. Equipamentos para recobrimento de sementes.....	12
2.5.1. Tambores rotativos.....	13
2.5.2. Betoneiras.....	14
2.5.3. Drageadora.....	14
2.5.4. Leitos móveis.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. Objetivos gerais.....	17
3.2. Objetivos específicos .....	17
4. TRABALHO 1. Desenvolvimento de um protótipo para recobrimento de sementes e avaliação das características físicas e fisiológicas submetidos às diferentes temperaturas de secagem.....	19



RESUMO.....	19
ABSTRACT .....	20
INTRODUÇÃO .....	21
MATERIAL E MÉTODOS .....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÃO.....	477
REFERÊNCIAS.....	48
5. TRABALHO 2. Influência do recobrimento com diferentes materiais e camadas de recobrimento na padronização do formato de sementes de milho híbrido...50	
RESUMO.....	50
ABSTRACT .....	51
INTRODUÇÃO .....	51
MATERIAL E MÉTODOS .....	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
6. TRABALHO 3. Avaliação sob diferentes rotações de trabalho de protótipo para aplicação de recobrimento de sementes .....	75
RESUMO.....	75
ABSTRACT .....	76
INTRODUÇÃO .....	77
MATERIAL E MÉTODOS .....	78
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
CONCLUSÃO.....	96
REFERÊNCIAS.....	96
7. RESUMO E CONCLUSÕES .....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

## RESUMO

SILVA, Flávio W. Andrade da; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março de 2021; Desenvolvimento de protótipo para recobrimento de sementes; Professor Orientador: Henrique Duarte Vieira.

O recobrimento de sementes é uma técnica que vem sendo difundida há bastante tempo. A técnica consiste na deposição de material inerte nas superfícies das sementes com utilização de equipamentos específicos denominados drageadoras. A aquisição desses equipamentos necessita de um custo relativamente alto e muitas vezes o investimento não reflete em resultados esperados em função das metodologias empregadas durante o processo de recobrimento, principalmente nas variáveis de rotação, tempo de secagem, tempo de pulverização de material cimentante, pressão do sistema de pulverização e temperatura de secagem. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi de desenvolver um protótipo para o recobrimento de sementes. O desenvolvimento do protótipo se deu em três fases: pesquisa, projeto e montagem dos componentes do protótipo. Na pesquisa, foram realizados estudos de mercado para conhecer a generalidade dos protótipos existentes e especificar as necessidades de fontes de controles. Em seguida, na segunda fase, foram realizados projetos em nível teórico com *softwares* específicos para a elaboração do circuito e *layout*. Na terceira fase, foi realizada a montagem do protótipo e testes para a verificação das funcionalidades das variáveis de controle. Após os testes, o protótipo foi submetido a três experimentos para verificar eficiência de recobrimento, comparando-o com um equipamento industrial de

bancada, modelo N10 *Newpack*<sup>®</sup>. No primeiro experimento foram testadas diferentes temperaturas de secagem no processo de recobrimento (40, 50, 60 e 70 °C) em sementes de milho híbrido UENF 506-11. Foi utilizado como material de enchimento calcário dolomítico na proporção de 3:1 (material por sementes) e como material cimentante cola da marca *cascorez*<sup>®</sup> extra à base de polivinila (PVA) na proporção de 1:1 v/v (cola por água). Os resultados do primeiro experimento permitiram chegar à conclusão de que a temperatura de secagem do protótipo em relação ao equipamento industrial teve menor variação em torno da temperatura determinada de secagem, devido à inserção de uma controladora no circuito da resistência. Por não possuir tal dispositivo, o controle da temperatura de secagem do equipamento industrial resultou em maior acúmulo de teor de água nas sementes, que foi determinante para menores percentuais de germinação nas temperaturas de 40 e 50°C. No segundo experimento, foram testados dois materiais (calcário dolomítico e silicato de cálcio) em cinco níveis de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) em sementes de milho híbrido UENF 506-11 com classificação de peneira 18. O recobrimento proporcionou alterações significativas nas características físicas e fisiológicas, resultados apontaram maior uniformidade nas formas e tamanho das sementes e diminuição nas porcentagens finais de germinação e emergência em todos os níveis de camadas testados, sendo mais evidente no nível de 12 camadas. No terceiro experimento, foram testadas diferentes rotações de trabalho (24,5 49, 73 e 98 rpm) com sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas com silicato de cálcio mais areia de granulometria fina (0,25 mm) na proporção de 7:1. O recobrimento se deu nos dois equipamentos (protótipo e industrial) e foram avaliadas as características físicas e fisiológicas. As diferentes rotações contribuíram para mudanças nas características físicas que afetaram diretamente as características fisiológicas.

## ABSTRACT

SILVA, Flávio W. Andrade da; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; March 2021; Prototype development for seed coating; Supervisor: Henrique Duarte Vieira.

Seed coating is a technique that has been widespread for a long time. The technique consists of depositing inert material on the surfaces of the seeds using specific equipment called a coating machine. The acquisition of this equipment requires a relatively high cost and often the investment does not reflect the expected results due to the methodologies used during the coating process, mainly in the rotation variables, drying time, cement spraying time, the pressure of the cement the spraying system and drying temperature. Thus, the objective of this work was to develop a prototype for covering seeds. The development of the prototype took place in three phases; research, design, and assembly of the prototype components. In the research, a market study was carried out to find out about most of the existing prototypes and specify the needs for control sources. Then, in the second phase, projects were carried out at a theoretical level with specific software to elaborate the circuit and layout. In the third phase, the prototype was assembled and tests were carried out to check the functionalities of the control variables. After the tests, the prototype was subjected to three experiments to verify the coating efficiency, comparing it with industrial bench equipment, model N10 Newpack®. Different drying temperatures were tested in the coating process (40, 50, 60, and 70 ° C) on hybrid corn seeds UENF 506-11. It was used as a dolomitic limestone filling

material in the proportion of 3: 1 (material by seeds) and as a cementing material glue from the brand cascorez<sup>®</sup> extra based on polyvinyl (PVA) in the proportion of 1: 1 v / v (water glue). The results of the first experiment led to the conclusion that the drying temperature of the prototype concerning the industrial equipment had less variation around the determined drying temperature, due to the insertion of a controller in the resistance circuit. For not having such a device, the control of the drying temperature of the industrial equipment resulted in a greater accumulation of water content in the seeds, which was determinant for lower germination percentages at temperatures of 40 and 50 ° C. In the second experiment, two materials (dolomitic limestone and calcium silicate) were tested in five levels of covering layers (6, 8, 10, 12, and 14) in hybrid corn seeds UENF 506-11 with sieve classification 18. The coating provided significant changes in physical and physiological characteristics, results showed greater uniformity in the shapes and size of seeds and a decrease in the final percentages of germination and emergence in all levels of layers tested, being more evident at the level of 12 layers. In the third experiment, different working speeds (24.5 49, 73, and 98 rpm) were tested with seeds of *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 covered with calcium silicate plus fine-grained sand (0.25 mm) in the proportion of 7 :1. Coating took place on both equipment (prototype and industrial) and the physical and physiological characteristics were evaluated. The different rotations contributed to changes in physical characteristics that directly affected the physiological characteristics.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de sementes recobertas assume uma relevância expressiva dentro do beneficiamento de sementes, culminado com melhor produtividade, menor custo na implantação (Santos et al., 2011).

Estudos com sementes recobertas ainda são incipientes, mostrando a necessidade de pesquisas para o aprimoramento da técnica, sobretudo, quanto às formas metodológicas de aplicação de material e em relação aos equipamentos utilizados.

Trabalhos com recobrimento de sementes apontaram a eficácia da técnica e as metodologias foram aperfeiçoadas (Baudet e Peres, 2004). Assim, o desenvolvimento de equipamentos para aprimoramento da técnica de recobrimento de sementes torna-se fundamental, especialmente para entender a natureza do processo e a influência das variáveis operacionais como temperatura e tempo de secagem, tempo de pulverização de material cimentante, rotação e pressão do sistema de pulverização.

No mercado existem equipamentos destinados ao recobrimento de sementes como o modelo N10 da empresa *Newpack*<sup>®</sup> de pequeno porte. No entanto, a aquisição desses equipamentos é relativamente alta, visto o tipo de tecnologia que são empregadas. Ainda existe a questão das metodologias de trabalho que o equipamento não oferece e quando possuem não atendem satisfatoriamente às necessidades do operador. Na literatura há raríssimos trabalhos sobre desenvolvimento de equipamento, direcionados ao recobrimento

de sementes e, quando surgem, buscam resolver entraves metodológicos específicos para determinadas espécies, como o trabalho sobre o desenvolvimento de um protótipo para o recobrimento de sementes de Colza (*Brassica napus* L.) proposto por Melo (2017). Ou o desenvolvido por Peres (2001), que necessita de espaço e alto custo na implantação devido aos dez componentes que realizam o processo de recobrimento (1) estrutura, (2) moegas, (3) aplicador do adesivo, (4) aplicador do aglomerante, (5) tambor rotativo, (6) secador, (7) captação de pó, (8) aplicador do corante, (9) misturador-transportador e (10) acionamento.

Em geral, os trabalhos são realizados de forma artesanal com auxílio de equipamento oriundo de outros nichos. E quando não existe a possibilidade de se recobrir sementes em equipamentos específicos, surgem adaptações em betoneiras (Santos, 2010), painéis giratórias de secagem de sementes (Rosso, 2013) e até mesmo sacos plásticos (Bays et al., 2007).

Diante do exposto, esta tese de doutorado tem como objetivo desenvolver um protótipo para o recobrimento de sementes de pequeno porte que supra as deficiências da técnica de recobrimento de sementes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Recobrimento em sementes de milho e Braquiária

Sistemas agrícolas, cada vez mais, requerem o aperfeiçoamento de técnicas que visam a uma agricultura de precisão que possa atender às necessidades técnicas e econômicas que resultem em densidades populacionais de plantas adequadas ao cultivo e colheita (Mendonça, 2000). Assim, a forma e o peso variado das sementes são grandes entraves na agricultura de precisão, pois resulta em maior custo devido ao emprego de maiores quantidades de sementes (Duran e Retamal, 1989). Uma forma de solucionar essa questão é com a utilização da técnica de recobrimento de sementes, que consiste em adicionar materiais inertes e secos de granulometria fina juntamente com um material cimentante nas sementes (Nascimento et al., 2009). Como resultado, as sementes adquirem maior uniformidade no tamanho e forma (Melo et al., 2020).

Nos últimos anos, pesquisas destinadas ao recobrimento de sementes vêm ganhando destaque principalmente quando os estudos visam modificar o tamanho, a forma e a densidade das sementes para facilitar a semeadura mecanizada (Santos, 2016).

Devido às constantes inovações da técnica de recobrimento de sementes, que permitem adequabilidade aos maquinários e vêm se mostrando bastante eficaz em cultivos de hortícolas, surgiu demanda de informações destinadas a



inúmeras espécies de interesse, como por exemplo, o milho (*Zea mays* L.) e a *Brachiaria brizantha*.

Estudos destinados ao recobrimento de sementes de milho ainda são relativamente escassos, a demandas de informações são principalmente destinadas aos trabalhos com espécies que possuem sementes relativamente pequenas e desuniformes, que foram objeto de estudos por vários autores (Medeiros et al., 2006; Bays et al., 2007; Hölbig et al., 2010; Ludwing et al., 2011; Santos et al., 2011; Tavares et al., 2013; Abreu Jr, et al., 2017).

No entanto, por escassez de informações a respeito das respostas de sementes de milho submetidas ao recobrimento, pesquisas com a finalidade de testar diferentes tipos de materiais que possam ser utilizados no processo de recobrimento, formas de aplicação e repostas com adição de inoculantes fizeram-se necessárias.

Alguns estudos apontaram resultados proeminentes, como os de Conceição et al. (2008), que ao utilizar ácidos húmicos e bactérias em sementes de milho híbrido, observaram que houve o estímulo do crescimento vegetal. Pereira et al. (2005), ao estudarem o efeito da peliculização de sementes de milho associadas com inseticidas e fungicidas, não verificaram efeito danoso na qualidade fisiológica, podendo armazenar estas por até seis meses.

Outros estudos verificaram o desempenho de sementes de milho recobertas com diferentes materiais. Mendonça et al. (2007) recobriram sementes de milho com 12 tipos de materiais (calcários 1 e 2, caulim, carvão vegetal ativado, areia, vermiculita, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca, amido de milho, celite e terra de diatomáceas) e concluíram que as sementes apresentaram maior uniformidade no tamanho e forma quando comparadas às sementes sem recobrimentos.

Segundo Lagoa et al. (2012), as sementes de milho doce possuem tegumento fino e formato desuniforme e o efeito do recobrimento nestas reduziram as falhas e ocorrências de sementes duplas na linha de plantio de modo que resultou em melhor plantabilidade.

Com relação às sementes de braquiária, estudos com recobrimento envolvem as mais diversas técnicas, materiais de recobrimento e materiais cimentantes. Sabe-se que a areia aplicada com microcelulose prejudica a porcentagem de germinação bem como a emergência das plântulas de braquiárias

(Pereira et al., 2011). Segundo Santos et al. (2010), o recobrimento com betonita e/ou calcário afetou negativamente a qualidade fisiológica das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu após 12 meses de armazenamento, que resultou na redução da velocidade de germinação e emergência dessas sementes. Porém, os resultados de Guerreiro (2017), ao recobrir sementes de *Brachiaria brizantha* com 100 g de calcário dolomítico por 100 g de sementes, apontaram que o material não alterou a qualidade e o desenvolvimento inicial das plantas.

Guimarães et al. (2020), ao estudar o efeito de fontes de silício, aplicou silicato de cálcio em sementes de Braquiária, observou que as sementes recobertas com silicato ao serem submetidas à inoculação com agentes patogênicos (fungos) não sofreram tombamento.

Ao analisar os diferentes trabalhos citados, é notável que o recobrimento é uma técnica satisfatória para preservar os atributos fisiológicos, melhorar as características físicas das sementes, melhorar a precisão do plantio e maximizar a produção.

### 2.1.1. Importância do milho

A cultura do milho (*Zea mays* L.), devido à quantidade e à qualidade das reservas de seus grãos, possui inúmeras utilizações em diversos produtos alimentícios humano, animal, e matéria-prima na agroindústria (Queiroz, 2009). Este cereal, por apresentar em sua composição química alto valor nutritivo, faz com que seja um dos mais importantes alimentos consumidos no mundo (Dourado et al., 2004).

No cenário nacional, é importante alimento humano e animal e faz parte de sistemas de rotação de cultura, principalmente com a soja, adquirindo importância relevante na economia (Duarte, 2002). Essa relevância se dá principalmente por ser segundo grão mais importante a nível nacional, sendo apenas superado pela importância econômica da soja (CONAB, 2019).

Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2020, a área total de milho plantado no Brasil foi cerca de 18 milhões de hectares, com rendimento médio de 5 653 kg/ha que resultou em uma produção de 103,2 milhões de toneladas (IBGE, 2020). Desse modo, a cultura do milho possui importância

estratégica na economia nacional brasileira (CONAB, 2015).

O milho é geralmente cultivado em condições pouco favoráveis que resultam em limitações no desenvolvimento pleno da cultura. Devido às características inerentes da espécie, seu rendimento pode ser influenciado por diversos fatores como a disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, população de plantas, sistema de cultivo, potencial produtivo do híbrido e manejo de plantas daninhas, pragas e doenças (Fancelli e Dourado-Neto, 2003).

Com o intuito de potencializar ao máximo a produção do milho, muitos produtores vêm buscando inovações, nas quais estão sementes de híbridos, onde estudos evidenciam que a utilização destes é potencialmente mais produtiva (Cruz et al., 2011).

Na Região Norte do Rio de Janeiro, a cultura do milho já possui híbridos selecionados para as condições ambientais locais como o milho híbrido UENF 506. Mesmo não sendo uma região tradicionalmente produtora de grãos de milho, é fundamental ter cultivares melhorada que permita a produção de grãos e silagem adequada.

### 2.1.2. Importância do gênero *Brachiaria* no Brasil

Aproximadamente 90% do rebanho brasileiro alimentam-se exclusivamente de alimentos provenientes de pastagens e dos 354 milhões de hectares utilizados para agricultura, 48% destinam-se ao sistema de plantio de forrageiras, configurando-se como o principal uso da terra (Souza, 2012; IBGE, 2017). Do total de áreas de pastagens cultivadas, ou seja, 78 milhões de hectares, aproximadamente, 50% são constituídas por forrageiras do gênero *Brachiaria* (IBGE, 2016). Isso se deve principalmente à grande adaptabilidade das condições de clima e solo (Keller-Grein et al., 1996).

Este gênero possui grande importância econômica na utilização como forrageiras, devido à grande amplitude de espécies. Estima-se que o gênero possui cerca de 100 espécies disseminadas em regiões tropicais e subtropicais dos continentes americano, asiático, africano e na Oceania, sendo seu principal centro de dispersão a África Oriental (Keller-Grein et al., 1996; Valle et al., 2009).

As espécies desse gênero possuem ampla adaptação, abrangendo inúmeros ecossistemas como: várzeas, margens de florestas ralas, regiões

semidesérticas e savanas, sendo essa última o ambiente com maior frequência do gênero, devido, principalmente, à sua capacidade de vegetar em ambientes de solo de baixa fertilidade e mal drenados (Alexandrino et al., 2010).

O gênero *Brachiaria* configura-se como a pastagem mais importante para a produção de carne bovina no Brasil, devido, principalmente, às características da pecuária brasileira, que é alicerçada no sistema extensivo de produção, que utiliza grandes extensões de terra, pouca mão de obra, equipamentos e insumos, sendo que essas características de poucos recursos e tecnologias acabam por sustentar o uso de espécies do gênero *Brachiaria*, por possuir baixos custos de produção e manutenção (Guerreiro, 2017).

O uso de espécies do gênero *Brachiaria* justifica-se pela facilidade de manejo tais como: maior capacidade de rebrotamento, altura de pastejo, menor formação de touceiras e maior facilidade de dessecação (Balbino et al., 2014).

Todas essas características, aliadas à grande disponibilidade de terra e à demanda maior do gênero *Brachiaria* como principal fonte de alimentação do gado brasileiro, destacam o Brasil como maior produtor e consumidor de sementes tropicais, exportando para mais de 20 países e movimentando anualmente 250 milhões de dólares, o que gera em torno de 50 mil empregos diretos no país (Valle et al., 2007; Vechiato e Aparecido, 2008).

## 2.2. Recobrimento de sementes no Laboratório de Fitotecnia da UENF

Trabalhos destinados ao recobrimento de sementes no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF iniciaram com a pesquisa de Conceição e Vieira (2008), em sementes de milho híbrido UENF 506 – 8. Os autores testaram diferentes proporções de misturas de material cimentante com calcário dolomítico e meio de cultura JNFB. Concluíram que os níveis de proporções intermediários de 2 e 3% influenciaram as qualidades fisiológicas, porém não afetou o número final de plântulas anormais.

Ao submeter as sementes recobertas ao armazenamento, Conceição et al. (2009) observaram que o recobrimento com calcário dolomítico e meio de cultura de *Herbaspirillum seropedicae* Z67 BR 11175 não alterou a perda natural das qualidades fisiológicas das sementes e que a temperatura e umidade de

armazenamento de sementes de milho recobertas adequadamente para a manutenção das sementes foi de 26,4 °C e UR média de 61,5 %.

Conceição et al. (2008) pesquisaram a resposta do recobrimento de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, e observaram que o uso de ácidos húmicos via recobrimento tem menor capacidade de estimular o crescimento radicular em comparação com o uso em solução, no entanto, com relação às bactérias seria uma alternativa de inoculação.

Em continuação aos estudos com bactérias, Conceição et al. (2009) verificaram que ácidos húmicos não interferem negativamente no crescimento populacional das bactérias e que ocorre estimulação da colonização microbiota nativa. No entanto, os autores não observaram resposta nas bactérias inoculadas na planta do milho. Os testes com bactérias apontaram a necessidade de novos estudos em função de diferentes proporções de ácido húmico.

A necessidade de adequar proporções de material de enchimento e cimentante à resposta aos macros e micronutrientes resultou no estudo com o recobrimento de sementes *Stylosanthes* cv. Campo Grande com calcário dolomítico, silicato de cálcio, carvão ativado e areia de granulometria fina (0,25mm) realizado por Xavier et al. (2015). Os autores verificaram aumento no índice de velocidade de germinação e matéria seca da parte aérea e raízes, sendo que os demais materiais não afetaram negativamente a qualidade fisiológica das sementes.

Como o silicato de cálcio não afetou negativamente as características fisiológicas, as sementes de *Stylosanthes* cv. Campo Grande foram submetidas ao recobrimento com silicato de cálcio com diferentes doses de micronutrientes, ácido bórico e sulfato de zinco onde o efeito dos sais reduziu o gradiente de potencial hídrico que resultou na redução da germinação e o vigor das sementes, porém, favoreceu o desenvolvimento após o estabelecimento das plântulas e nodulações nas doses de 120 g mais 90 g de zinco (Xavier et al., 2015).

Estudos com diferentes doses de micronutrientes em espécies forrageiras tornou-se um nicho ainda com perguntas a serem respondidas que resultou em mais estudos com espécies forrageiras. Acha et al. (2016) contribuíram ao submeter as sementes de soja perene a altas doses de boro e zinco para verificar o efeito desses nutrientes nas qualidades físicas e fisiológicas. As conclusões a respeito das doses permitiram concluir que as doses baseadas em uma

semeadura de 2,5 kg de sementes, as doses de 0,8 kg de ácido bórico e 0,8 kg de sulfato de zinco apresentaram melhores resultados nas qualidades dos péletes, e essa combinação de micronutrientes reduziu a massa seca da parte aérea. Desse estudo surgiu a necessidade de investigar a metodologia de aplicação de micronutrientes.

Assim, Acha et al. (2018) avaliaram as doses de boro e zinco aplicadas em diferentes níveis de camadas. Dessa forma, na medida em que o recobrimento foi se formando, foram adicionados micronutrientes aos recobrimentos nas sementes em duas metodologias: na primeira os micronutrientes foram adicionados na sexta camada de um total de doze de silicato de cálcio; e no segundo método, a quantidade de nutrientes foi dividida em porções iguais que foram aplicadas na terceira, sexta e décima segunda camadas de recobrimentos. Os autores concluíram que a aplicação de material na sexta camada de recobrimento promoveu o aumento na massa das sementes e o acúmulo relativamente alto de micronutrientes que resultou em menor vigor. Foi verificado que independentemente do método de aplicação, o crescimento das plântulas não foi afetado.

Os estudos com recobrimento e aplicação de nutrientes também foram direcionados às espécies florestais. Sousa e Vieira (2018) recobriram sementes de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth) com diferentes materiais e observaram que a mistura de calcário mais areia reduziu o índice de velocidade de germinação e de emergência, porém, não comprometeu a germinação e emergência, e concluíram que o melhor material para o recobrimento na espécie estudada é a composição de calcário mais areia.

Sousa et al. (2017) recobriram sementes de vinhático com os materiais calcário dolomítico mais areia de granulometria fina (0,25mm), submetidas a diferentes doses de fertilizantes NPK 4-14-7. Os resultados permitiram concluir que independente das doses de fertilizantes aplicadas via recobrimento de sementes na espécie estudada resultaram em menores percentuais de germinação e emergência, e menores índices de velocidade de germinação e emergência, mas não comprometeram o desenvolvimento das plântulas.

Ao longo do tempo acabaram por surgirem mais questões a serem respondidas a respeito das metodologias de recobrimento, principalmente, quanto ao tipo de material e às quantidades de camadas de recobrimento adequadas em

função da espécie estudada. Assim, Silva et al. (2017) realizaram o estudo das quantidades de camadas de recobrimento de areia fina (0,25 mm) aplicadas em sementes de *Stylosanthes* cv. Campo Grande. No referido estudo foram utilizadas 6, 8, 10, 12 e 14 camadas de recobrimento. Foi verificado pelos autores que até 12 camadas de recobrimento não comprometeu as características fisiológicas e beneficiou as características físicas.

Xavier et al. (2018) avaliaram sementes de soja perene recobertas com os materiais calcário, silicato, areia e carvão ativado. Nesse estudo, os recobrimentos afetaram o índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, emergência e índice de velocidade de emergência. Apenas na composição da mistura de carvão com silicato o recobrimento foi diferente do controle na característica emergência.

Ao submeter sementes de *Stylosanthes* cv. Campo Grande ao recobrimento de areia com incorporação de fertilizante líquido (Mastermins®) com formulação de macro e micronutrientes, Baroni e Vieira (2020) averiguaram que a incorporação do fertilizante líquido não afetou negativamente a emergência e velocidade de emergência, o efeito danoso foi observado somente na germinação índice de velocidade de germinação e que doses superiores a 10 ml. 100 g<sup>-1</sup> de sementes não propiciam acúmulo de massa seca nas plantas de *Stylosanthes*.

Todos os trabalhos utilizaram como material cimentante a cola PVA Cascorez Extra (Henke®) por apresentar características peculiares quando submetidas ao recobrimento, como fácil solubilização em água e atoxicidade. Porém, surgiu a necessidade de se testar diferentes materiais cimentantes e Baroni et al. (2020) testaram diferentes concentrações de cola PVA e cola de goma arábica, diluídas em água, 3:1, 2:1 e 1:1. Os autores acabaram verificando que os tipos de cola nas diferentes concentrações não apresentaram efeito danoso nas características fisiológicas das sementes e que somente o uso de cola PVA na proporção de 2:1 proporcionou às sementes maior área superficial, diâmetro máximo, diâmetro mínimo e esfericidade.

Ainda, trabalhando com espécies forrageiras, Guimarães et al. (2020) pesquisando o silício via aplicação em recobrimento, compararam sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 recobertas com silicato de cálcio mais areia em diferentes proporções a um produto agroquímico como fonte de silício. As sementes foram inoculadas com o fungo *Sclerotium rolfsii* em diferentes períodos

para submeter as sementes ao estresse de tombamento (*damping-off*). Os resultados desse estudo foram proeminentes visto que as sementes revestidas com silicato de cálcio apresentaram efeito protetor contra a incidência de *S. rolfsii*, refletindo diretamente em um menor percentual de *damping-off*.

Os estudos ao decorrer do tempo ficaram cada vez mais refinados que resultaram em trabalhos com análise digital de imagens de sementes recobertas realizados por Acha et al. (2020). Na análise das imagens captadas pelo *software GroundEye*<sup>®</sup>, foi possível verificar correlações existentes principalmente nas características físicas das sementes de *Neonotonia wightii*. Os autores concluíram que promoveram incrementos máximos de aproximadamente 350% à massa das sementes e aumentos de até 230% na área, 154% no diâmetro máximo, 162% no diâmetro mínimo, 167% no diâmetro contido e 152% no perímetro, e que o melhor material para o revestimento de *Neonotonia wightii* foi a combinação de areia mais silicato de cálcio.

### 2.3. Silício

O elemento silício é um dos mais abundantes na natureza e, como mineral, representa cerca de 28% da crosta terrestre (Ma e Miyake, 2001). Segundo Datnoff et al. (2001), as principais fontes do Si são as escórias siderúrgicas, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, termofosfato, silicato de magnésio e silicato de potássio. O silício também pode ser obtido por meio de moagem de rochas classificadas como silicáticas ou filossilicáticas, que, além de disponibilizar o Si, são fontes de outros nutrientes essenciais para a planta (Luz et al., 2010).

Este é classificado como benéfico ou útil para as plantas, mas não é um nutriente necessário para o ciclo vegetal e não atende aos critérios de essencialidade (Jones e Handreck, 1967). No entanto, estudos apontam que são apresentados efeitos favoráveis que auxiliam a planta no seu desenvolvimento, principalmente em espécies da família Poaceae, que inclui as culturas do arroz, cana-de-açúcar, trigo e milho, plantas que apresentam grande capacidade de acumular silício (Barbosa Filho et al., 2001). Segundo Epstein (1999), nessas culturas a capacidade de acumular o silício pode até mesmo exceder teores de macronutrientes primários.



A forma de absorção do silício na planta se dá principalmente pelo ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) que é transportado por fluxo de massa (forma ativa) e/ou por genes específicos que sintetizam proteínas de membranas que transportam o Si para a planta (Ma e Takahashi, 2002).

Na planta, há inúmeros benefícios pelo uso do Si como diminuição de ataques por pragas e doenças, devido às alterações em sua anatomia com a formação de células epidérmicas mais robustas e maior grau de lignificação, que resulta em maior resistência do tecido vegetal (Goussain et al., 2002).

#### 2.4. Cálcio

O cálcio é o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre, representando cerca de 3-4% (Melo, 2010). Basicamente é constituinte de rochas ou minerais e, sendo assim, sua disponibilidade não é na forma ativa. Essencialmente, as fontes de cálcio na agricultura se dão pelo uso de calcário e gesso, sendo absorvido pelas plantas na forma iônica ( $Ca^{2+}$ ) da solução do solo, pelo mecanismo de fluxo de massa (Faquin, 2005).

O cálcio desempenha inúmeras funções no metabolismo das plantas, como ativador de várias enzimas, faz parte da formação do pectato de cálcio presente na lamela média que confere resistência mecânica à parede celular, além de estar presente na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Reddy, 2001).

Segundo Sfredo (2008), o cálcio faz parte da fixação e desenvolvimento de flores e vagens, atuando na redução de abortamentos. Possui relação direta com o crescimento da planta, melhora a qualidade dos frutos, a fotossíntese, processos de divisão celular, movimento citoplasmático e melhora o desenvolvimento das raízes, estimulando a atividade microbiana que resulta em maior absorção de outros nutrientes essenciais (Malavolta et al., 1997; Malavolta, 2006).

#### 2.5. Equipamentos para recobrimento de sementes

A metodologia de recobrimento de sementes é um processo que requer técnicas específicas que são desenvolvidas em função dos equipamentos e das sementes (Santos, 2016). O processo de recobrimento, por décadas era realizado

de forma artesanal por produtores e pela comunidade científica (Almeida, 2004). Somente a partir da década de 90, as técnicas utilizadas para recobrir sementes evoluíram para o que conhecemos hoje dentro da indústria de recobrimento de sementes (Santos, 2016).

No entanto, mesmo estando em um estágio metodológico avançado, algumas peculiaridades ainda são segredos industriais (Gadotti e Puchala, 2010). Somente uma parte da metodologia é informada e apenas são disponibilizados os insumos utilizados no processo (Baudet e Peres, 2004). Inúmeras empresas mantêm guardados segredos que se referem também aos equipamentos que são utilizados para o processo de recobrimento (Baudet e Peres, 2004).

Quando a indústria de sementes iniciou o processo de comercialização de sementes recobertas, com materiais inertes em meados da década de 40, as metodologias e equipamentos utilizados eram originalmente desenvolvidos para a indústria farmacêutica (Taylor et al., 2001). Mesmo depois de 50 anos, na década de 90, não existiam equipamentos específicos destinados ao processo de recobrimento, o que pode ser constatado em catálogos de empresas nacionais e internacionais que comercializavam produtos no segmento de produção de sementes em nível laboratorial (Silva et. al, 1998).

Dessa forma, o processo de recobrimento de sementes em nível acadêmico esbarrava na dificuldade de conseguir realizar os recobrimentos que a indústria, há décadas, realizava em função da falta de equipamentos (Costa, 2003). Muitos trabalhos foram e ainda são realizados de forma bastante artesanal e, no início da década de 90, essa linha de pesquisa se intensificou, mas ainda havia esse gargalo para ser superado (Santos, 2016).

Basicamente, para que se proceda com o recobrimento de sementes, os equipamentos devem possuir sistemas de agitação de partículas (Ludwing et al., 2011). Assim, os equipamentos utilizados para realização do processo de recobrimento são:

#### 2.5.1. Tambores rotativos

Nos tambores rotativos são realizados os recobrimentos convencionais, nesse tipo de equipamento, as partículas dos materiais de enchimento são arranjadas pelo movimento giratório e com a pulverização dirigida para a massa

de sementes de um material cimentante (ligante) com um gradiente de temperatura fornecido geralmente por ar aquecido. (Silva e Nascimento, 2009; Ludwing et al., 2011; Lopes e Nascimento, 2012).

### 2.5.2. Betoneiras

São equipamentos que basicamente apresentam um recipiente (bojo, cuba, etc) preso a um eixo inclinado interligado a um motor de baixa rotação de até 30 rpm. Normalmente, são utilizados na construção civil para a homogeneização da mistura de cimento, areia e água (Lopes e Nascimento, 2012).

Em pesquisa com sementes, esses equipamentos são adaptados de forma que possam ser utilizados para se proceder com recobrimentos. No processo de recobrimento, as sementes passam por sucessivas rotações em torno do seu próprio eixo, ao passo que são aspergidos e polvilhados gradualmente em sucessivas camadas materiais cimentantes e de enchimentos até atingirem o número de camadas pretendidas, sendo realizadas secagens no decorrer do procedimento (Longden, 1975; Sharples, 1981; Scott, 1989; Medeiros et al., 2006). A grande desvantagem da utilização de betoneiras em pesquisas com sementes está relacionada ao erro experimental maior, devido ao menor controle das variáveis envolvidas.

### 2.5.3. Drageadora

Tradicionalmente, o recobrimento de sementes é realizado em equipamentos denominados drageadoras, onde o princípio do recobrimento é similar ao da betoneira (agitação de partículas), no entanto, nas drageadoras há um controle maior das variáveis envolvidas, devido às tecnologias empregadas no funcionamento do equipamento (Rosso, 2013).

Esses equipamentos foram desenvolvidos inicialmente para a indústria alimentícia. Como havia a necessidade de se avançar nas pesquisas referentes ao recobrimento de sementes e não existiam equipamentos destinados para o recobrimento em pequena escala, os pesquisadores migraram do uso de betoneiras para estes, e isso ocorreu devido, principalmente, à logística de

operação, pois além de trabalharem com pequenas quantidades de sementes, as drageadoras apresentam-se em tamanhos bem menores em relação às betoneiras (Sprey et al., 2019).

Mesmo tendo uma melhor logística, as drageadoras não tinham, até então, controle das variáveis envolvidas no processo de recobrimento, assim como as betoneiras, tais como: temperatura de secagem, altas rotações e controle de fluxo de ar.

Essas tecnologias foram sendo inseridas ao longo de inúmeras pesquisas à medida que foram surgindo necessidades de operação e no controle mais preciso com a finalidade de se diminuir os erros experimentais (Costa, 2010). Dessa forma, há a necessidade de que os operadores tenham conhecimento da metodologia utilizada devido às peculiaridades que o equipamento possui, o que acarreta maior tempo de operação (Scott et al., 1997).

#### 2.5.4. Leitos móveis

A utilização de leitos móveis para se recobrir sementes, foi proposta no início da década de 60 e patenteada em 1961. O processo basicamente consiste em aspergir um produto na fase líquida na base de leito de material a ser granulado, juntamente com gás aquecido (Costa, 2010).

É um processo complexo devido à ação das forças de coesão que são resultados das pontes líquidas entre as partículas que ocasionam problemas de aglomeração das partículas e baixa eficiência no contato gás-sólido (Santana, 2016).

De acordo com Santana (2016) existem três variáveis que afetam o processo de recobrimento em leito móvel:

1. As partículas e a solução de recobrimento: o tamanho e a forma das partículas e as propriedades químicas da solução possuem pouca influência no processo de recobrimento. No entanto, as restrições são em função das variáveis envolvidas no processo, tais como temperatura de secagem e fluxo de ar.
2. Dimensionamento do equipamento: está diretamente relacionado com as variáveis definidas no projeto, sendo elas dimensões e configuração do

leito de jorro, tipo e tamanho do bico atomizados e a capacidade de carga das partículas por batela.

3. Procedimentos operacionais do equipamento: é necessário que o operador tenha qualificação para operar o equipamento corretamente e que tenha a capacidade de realizar ajustes durante o processo, como taxa vazão de ar, da solução de recobrimento e o tempo do processo.

De acordo com Ludwig et al. (2011) e Santos (2016), os principais equipamentos utilizados para o processo de recobrimento são os tambores rotativos e fluidos móveis, no entanto, há outros que por envolverem agitação de partículas podem ser utilizados, tais como: misturadores, centrífugas e mesas de vibração (utilizadas normalmente para separação de sementes). Porém, trabalhos que utilizam esses equipamentos são raros.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivos gerais

Elaborar uma máquina para o processo de recobrimento de sementes, que atenda às especificidades físicas das sementes, dos materiais de recobrimento e cimentantes.

#### 3.2. Objetivos específicos

*Trabalho 1 – Desenvolvimento de um protótipo para recobrimento de sementes e avaliação das características físicas e fisiológicas submetidos às diferentes temperaturas de secagem.*

Avaliar a eficiência do recobrimento de milho híbrido UENF 506 – 11 com calcário dolomítico submetido à secagem.

Comparar o protótipo com um equipamento industrial, submetido a 4 níveis de temperatura (40, 50, 60 e 70 °C).

Avaliar a influência das temperaturas de secagem nas características físicas e fisiológicas de milho híbrido.

*Trabalho 2 – 4.2. Influência do recobrimento com diferentes materiais e camadas de recobrimento na padronização do formato de sementes de milho híbrido.*

Testar o efeito de diferentes camadas de recobrimento com os materiais

calcário dolomítico e silicato de cálcio sobre as características físicas e fisiológicas de sementes de milho híbrido UENF 506-11.

*Trabalho 3 – Avaliação sob diferentes rotações de trabalho de protótipo para aplicação de recobrimento de sementes.*

Testar o protótipo desenvolvido com sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 sob as rotações de 24,5, 49, 73 e 98 rpm e compará-lo com um equipamento industrial nos mesmos níveis de rotações.

Avaliar o efeito do recobrimento nos diferentes equipamentos nas características físicas e fisiológicas.

#### 4. TRABALHO 1

Desenvolvimento de um protótipo para recobrimento de sementes e avaliação das características físicas e fisiológicas submetidas às diferentes temperaturas de secagem.

#### RESUMO

O recobrimento de sementes é uma técnica que permite agregar valor às sementes. Com o intuito de contribuir para estudos direcionados a responder questões pertinentes às variáveis envolvidas no processo, principalmente durante a secagem das sementes recobertas em equipamentos denominados de drageadoras, foi realizado o desenvolvimento de um protótipo de pequeno porte. O desenvolvimento foi fundamentado em conceitos existentes no mercado e surgiu da necessidade de desdobramentos de trabalhos já existentes na literatura. O desenvolvimento do protótipo de recobrimento de sementes se deu em três fases (pesquisa, projeto e montagem dos componentes do protótipo). As sementes foram recobertas em dois equipamentos (protótipo e equipamento industrial), com calcário dolomítico em uma relação de 3:1 de material de enchimento por sementes e como material cimentante foi utilizado cola cascorez extra à base de polivinila (PVA), e as avaliações foram conduzidas em quatro níveis de temperatura de secagem (40, 50, 60 e 70 °C). Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial  $2 \times 4 + 1$  (dois



equipamentos x quatro temperaturas + um controle de sementes sem recobrimento). O equipamento protótipo apresentou maior precisão no controle da temperatura nos níveis 50, 60 e 70 °C. As sementes recobertas no equipamento industrial apresentaram maiores teores de água que foi determinante para o maior peso de mil sementes. As variáveis 'materiais aderidos nas sementes', 'materiais não aderidos' e 'eficiência do recobrimento' não foram influenciadas pelos diferentes equipamentos, são características influenciadas pela temperatura. Maiores porcentagens de teor de água nas sementes recobertas no equipamento industrial resultaram em menores porcentagens de germinação nas temperaturas de 40 e 50 °C e os menores percentuais referentes aos dois equipamentos nas temperaturas de 60 e 70 °C foram resultados de injúrias nas sementes devido à alta temperatura.

Palavras chave: drageadora, calcário dolomítico, protótipo, recobrimento.

#### ABSTRACT

The seed coating is a technique that allows adding value to the seeds. In order to contribute to studies aimed at answering pertinent questions about the parameters involved in the process, especially during the drying of seeds covered in an equipment called coating machine, the development of a small prototype was carried out. The development was based on existing concepts in the market and arose from the needs of the unfolding existing works in literature. The development of the seed coating prototype was done in three phases (research, design and assembly, and prototype components). The evaluations were conducted in four levels of drying temperatures (40, 50, 60 and 70 °C), the seeds were covered in two equipments (prototype and industrial equipment), with dolomitic limestone in a 3:1 ratio of filling material to seeds and extra polyvinyl-based cascorez glue (PVA) was used as a cementing material. The experiments were conducted in a 2 x 4 + 1 factorial scheme (two equipment x four temperatures + one control of seeds without coating). The prototype equipment showed greater precision in temperature control at levels 50, 60, and 70 °C. The seeds coated in the industrial equipment presented higher water contents, which was determinant for the higher thousand seeds weight. The variables material adhered to the seeds, non-adhered material, and coating

efficiency were not influenced by the different equipment. Higher percentages of water content in the seeds coated in the industrial equipment resulted in lower percentages of germination at temperatures of 40 and 50 °C and the lower percentages referring to the two equipments at temperatures of 60 and 70 °C were the result of injuries in the seeds due to the high temperature.

Key words: coating machine, dolomitic limestone, prototype, coating.

## INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico convergiu para o surgimento de maquinário e implementos agrícolas por volta do século XIX, que resultou em maiores produtividades e modificou as técnicas empregadas aumentando a oferta de produtos agrícolas (Melo, 2017).

O desenvolvimento de tecnologias direcionadas para o setor agrícola tornou-se uma vertente fundamental para a inserção de competitividade comercial no mercado de produtos agrícolas, principalmente em países como o Brasil (Sousa et al., 2014). Essas tecnologias não necessariamente devem ser oriundas de desenvolvimentos inéditos, podem ser tecnologias que derivaram de projetos que não atendem às necessidades, às vezes peculiares, de certos nichos tecnológicos, acadêmicos ou industriais.

No cenário atual, existem demandas de inovações e evoluções de projetos e estudos que buscam o desenvolvimento de equipamentos agrícolas, que resultam em maior rendimento e qualidade no produto final. Nesse sentido, o desenvolvimento de equipamentos agrícolas para o recobrimento de sementes que atendem às necessidades dos controles peculiares das formas metodológicas, principalmente com relação à temperatura de secagem, pode ser uma alternativa viável para aquisição de equipamentos laboratoriais para o estudo dos processos intrínsecos das técnicas usuais do recobrimento de sementes.

Basicamente, o recobrimento de sementes é resultado da deposição de materiais inertes, secos que tenham granulometria fina que são aderidas nas sementes pelo contato de um material cimentante (Lopes e Nascimento, 2012). Mesmo não sendo uma técnica nova, as informações referentes aos processos na formação das camadas, utilização de materiais de enchimento e cimentante e a

adequabilidade das variáveis envolvidas no processo são incipientes, principalmente a respeito da temperatura de secagem.

Sendo assim, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento e a montagem de um protótipo para se recobrir sementes e avaliar a eficiência do recobrimento, comparando-o a um equipamento industrial, utilizando-se sementes de milho híbrido UENF 506 – 11 recobertas com calcário dolomítico, submetidas à secagem em quatro níveis de temperaturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Desenvolvimento do protótipo

A concepção do protótipo foi baseada em conceitos de máquinas agrícolas para produção de sementes recobertas existentes no mercado. O projeto se iniciou com o desdobramento de trabalhos realizados no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

Para a realização do projeto, foram utilizadas pesquisas com a finalidade de estabelecer as tecnologias agregadas aos principais protótipos e estabelecer os componentes para o dimensionamento eletromecânico com a melhor relação custo x benefício, onde foi feito um estudo de mercado para conhecer a generalidade dos protótipos existentes e especificar as necessidades de fontes de controles para as variáveis, tais como: controle de temperatura de secagem, com resposta mais rápida de histerese; controle do fluxo de ar; maior intervalo de rotação do bojo da drageadora; maior precisão no direcionamento do Spray, que asperge o material aglutinante; e controle do ângulo de inclinação do bojo da drageadora. Primeiro, foi realizado o detalhamento das tarefas de funcionamento e esquematização do protótipo, levando em consideração um design que pudesse atender aos requisitos do adequado recobrimento de sementes.

Com determinação das tarefas e requisitos do projeto, determinaram-se a estrutura e funções que o protótipo teria que cumprir. Assim, foi realizado o projeto conceitual do protótipo de recobrimento de sementes.

Foram utilizadas ferramentas teóricas executadas em *softwares* como *SketchUp* e *CADe SIMU*, para abordar de forma prática, a prototipagem e

dimensionamento do equipamento.

O desenvolvimento do protótipo de recobrimento de sementes se deu em três fases.

#### 1ª Fase – Pesquisa.

Foram realizados estudos de mercado para conhecer a generalidade dos protótipos existentes e especificar as necessidades de fontes de controles para as variáveis, tais como: controle de temperatura de secagem, com resposta mais rápida de histerese; controle do fluxo de ar; maior intervalo de rotação do bojo da drageadora; maior precisão no direcionamento do Spray, que asperge o material aglutinante; e controle do ângulo de inclinação do bojo da drageadora.

#### 2ª Fase – Projeto

Ocorreu em âmbito teórico com a utilização dos *softwares SketchUp* e *CADe SIMU*.

No *SketchUp* foram projetados o layout, relativas dimensões do gabinete, dimensões das furações, mecanismos de funcionamento do bojo da drageadora e disposição dos componentes elétricos (Figura 1).

Esta fase de desenvolvimento do protótipo foi necessária em virtude da melhor visualização do protótipo e, conseqüentemente, evitar possíveis problemas de dimensionamentos ou simplesmente efeitos visuais.

A utilização do aplicativo *CADe SIMU* permitiu a elaboração do projeto elétrico e foram determinados os componentes necessários ao funcionamento do protótipo. Foram realizados testes teóricos no aplicativo, com a finalidade de se estabelecer as diretrizes do projeto elétrico e evitar possíveis problemas no projeto do circuito. Nesta etapa do projeto foi estabelecido o tipo de partida do protótipo.

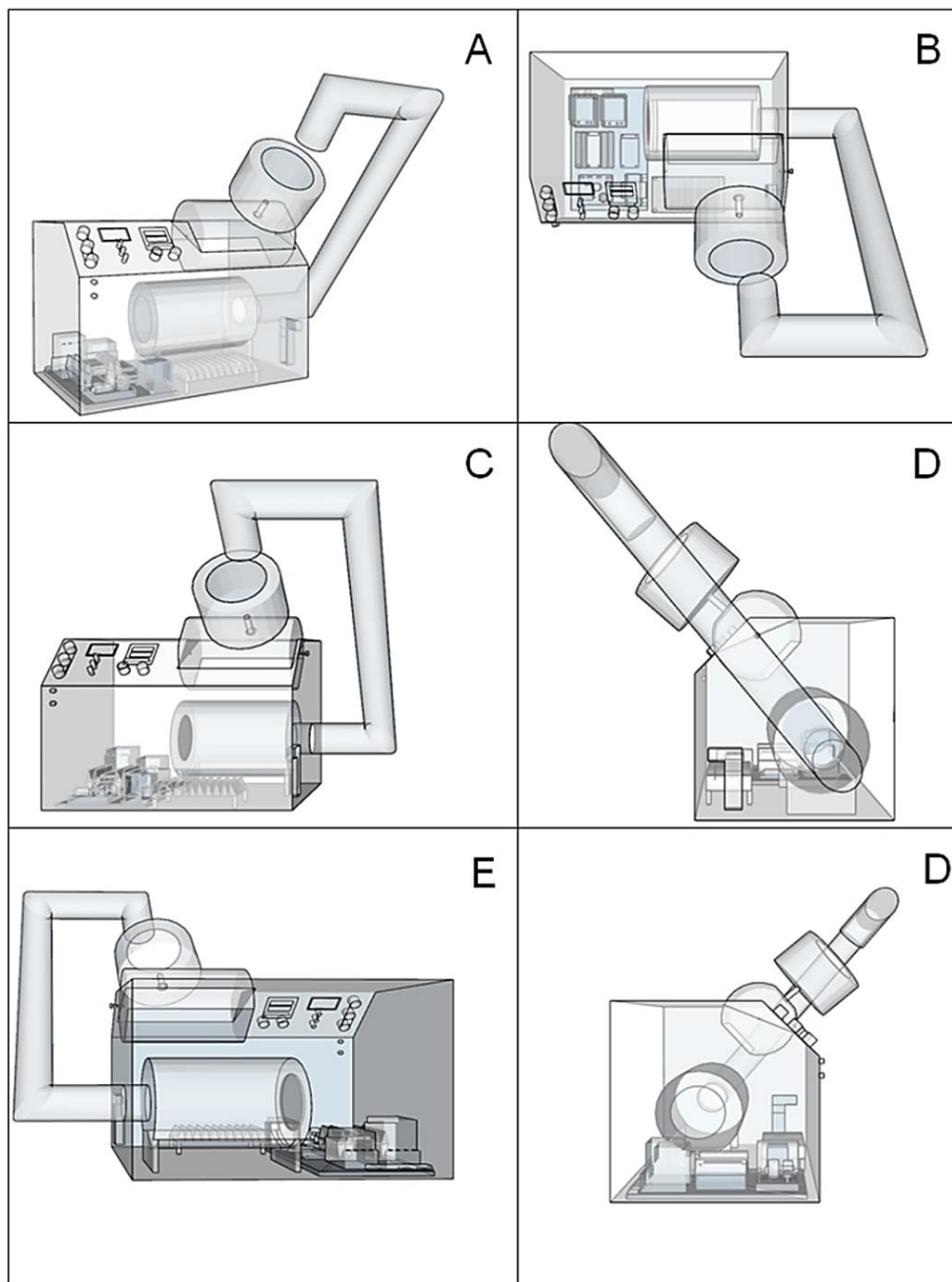


Figura 1. Perspectivas do protótipo para recobrimento de sementes. Visão (A) isométrica; (B) superior; (C) frontal; (D) lateral direita; (E) posterior e (F) lateral esquerda.

### 3ª Fase – montagem dos componentes do protótipo

Após a elaboração do projeto, foi realizada a montagem do circuito elétrico do protótipo com os componentes dimensionados nas fases anteriores.

Descrição do protótipo para recobrimento de sementes:

O protótipo de recobrimento de sementes é basicamente composto por cinco partes fundamentais (Figura 2).

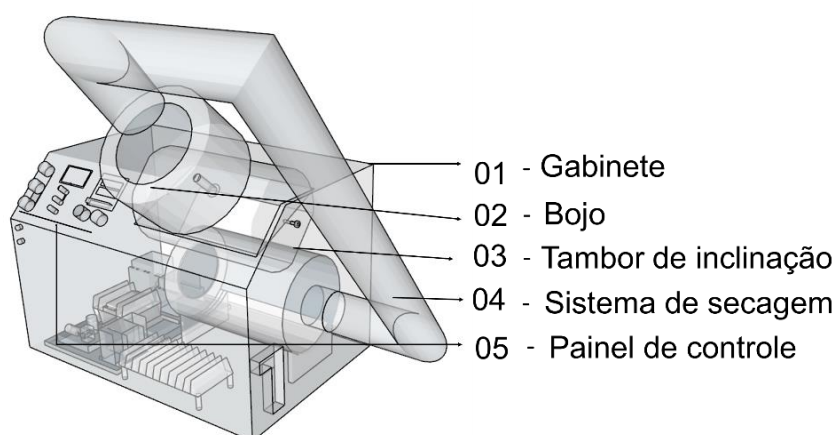


Figura 2. Perspectiva isométrica do protótipo para recobrimento de sementes.

#### Gabinete

Confeccionado em aço em inox 430 de 1mm de espessura para facilitar a limpeza, é responsável por proteger os componentes elétricos, dar sustentação ao bojo de recobrimento e painel de controle das variáveis envolvidas no processo de recobrimento.

#### Tambor de regulação de inclinação

Foi projetado para permitir que o bojo do protótipo possa ter uma amplitude de inclinação de 0° a 90° e possibilitar diferentes metodologias de recobrimento em função de diferentes tamanhos e formatos de sementes.

### Bojo do protótipo

Fica posicionada no tambor de inclinação, é o recipiente onde as sementes são colocadas para serem recobertas. O bojo é responsável por revolver a massa de sementes que permite maior contato com o material de enchimento.

### Sistema de secagem

Constituído basicamente por um insuflador (soprador) de ar aquecido por uma resistência que é direcionada por um tubo ao bojo.

### Painel de controle

Localizado na parte frontal do protótipo, possui todos os controles das variáveis envolvidas na metodologia de recobrimento, como: controle de temperatura, tempo de secagem, tempo de pulverização de material aglutinante, rotação do bojo e fluxo de ar, sendo todas essas variáveis necessárias para o procedimento de recobrimento.

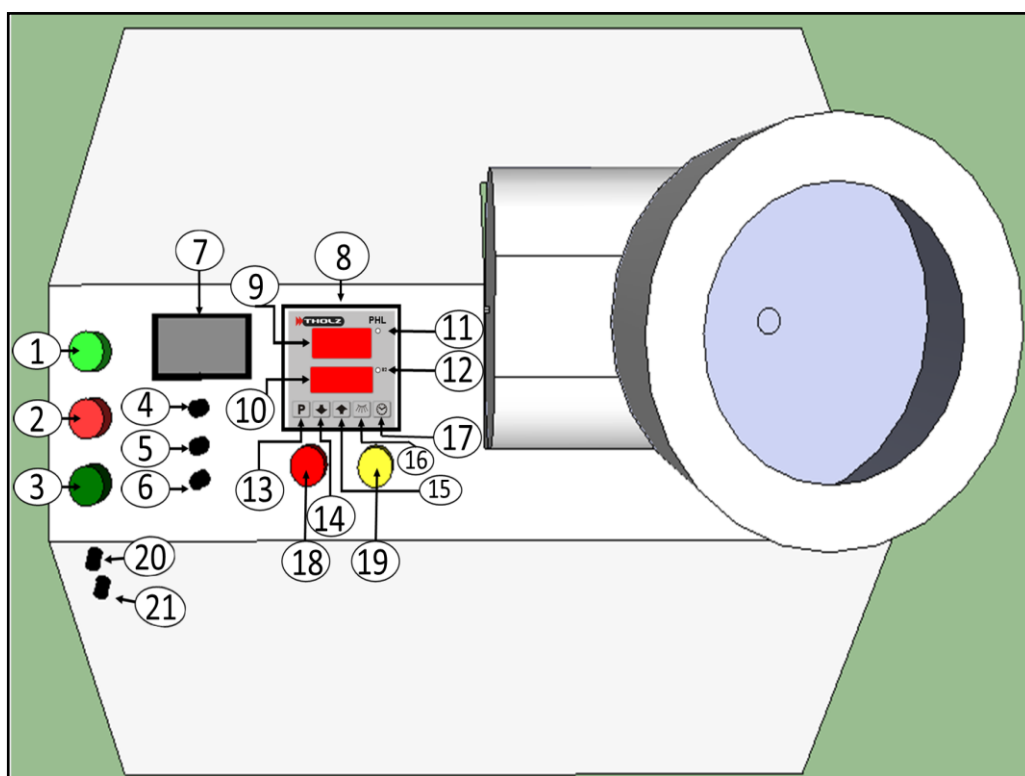


Figura 3. Vista frontal do equipamento protótipo.

## Descrição do painel de controle

1. Luz indicadora de energizado.
2. Botão de desliga.
3. Botão de liga.
4. Botão liga motor do bojo (cuba).
5. Botão potenciômetro de ajuste de fluxo de ar.
6. Ajuste de rotação do bojo da drageadora
7. Display digital 1. Indicador de rpm.
8. Controladora de tempo e temperatura.
9. Display digital 2. Indica a temperatura do processo.
10. Display digital 3. Indica o tempo do processo.
11. Led do temporizador. Indica o estado do temporizador.
12. Led aquecimento. Indica o estado da temperatura.
13. Tecla de programação.
14. Tecla de decremento.
15. Tecla de incremento.
16. Tecla que asperge material aglutinante.
17. Tecla que inicia a temporização da secagem.
18. Botão que asperge material cimentante.
19. Botão que inicia a temporização da secagem.
20. Fusível de 10 A.
21. Fusível de 25 A.

## Informações de montagem do protótipo e componentes elétricos.

A montagem do protótipo seguiu o diagrama esquemático conforme Figura 4. Foi utilizado um conjunto de componentes elétricos, separados basicamente em dois circuitos, cada um com uma controladora independente. O primeiro circuito controla o giro do motor do bojo do protótipo, e o segundo controla tempo de secagem, tempo de pulverização de material aglutinante e histerese de temperatura. Foram utilizados os seguintes componentes elétricos para a montagem do protótipo:



1. 1 controladora de tempo e temperatura – para controlar o tempo de secagem e de aplicação de material aglutinante.
2. 1 controladora de rotação. Utilizada para controlar a rotação do motor do bojo do protótipo.
3. 1 motor de corrente contínua de 24 Vcc e potência de 144 W.
4. 1 contator bipolar de 25 A – para energizar o circuito do equipamento com uma carga de 220 V.
5. 2 relés de estado sólido – para armar e desarmar a resistência elétrica e o acionamento soprador de ar.
6. 2 placas de circuitos PWM (*pulse width modulation*) - para controlar as velocidades do motor redutor e do soprador de ar.
7. 1 Soprador de ar de 2000 W - utilizado no sistema de secagem.
8. 1 resistência de 1000 W – utilizado para aquecer o fluxo de ar.
9. 1 contator de 15 A – utilizado para acionar o motor do soprador de ar.
10. 4 botoeiras - para ligar e desligar o circuito do sistema elétrico e acionar o tempo de secagem e tempo de pulverização de material aglutinante.
11. 1 dissipador de calor – utilizado para dissipar calor do relé de estado sólido que aciona a resistência do sistema de secagem.
12. 1 conjunto de sensor de rotação.
13. 1 fonte chaveada de 5 V.
14. 1 sensor de temperatura.
15. 1 filtro de ar com manômetro ajustável.
16. 1 fusível de 10 A.
17. 2 fusíveis de 5 A.
18. 1 fusível de 2,5 A.
19. 1 barramento sindal.

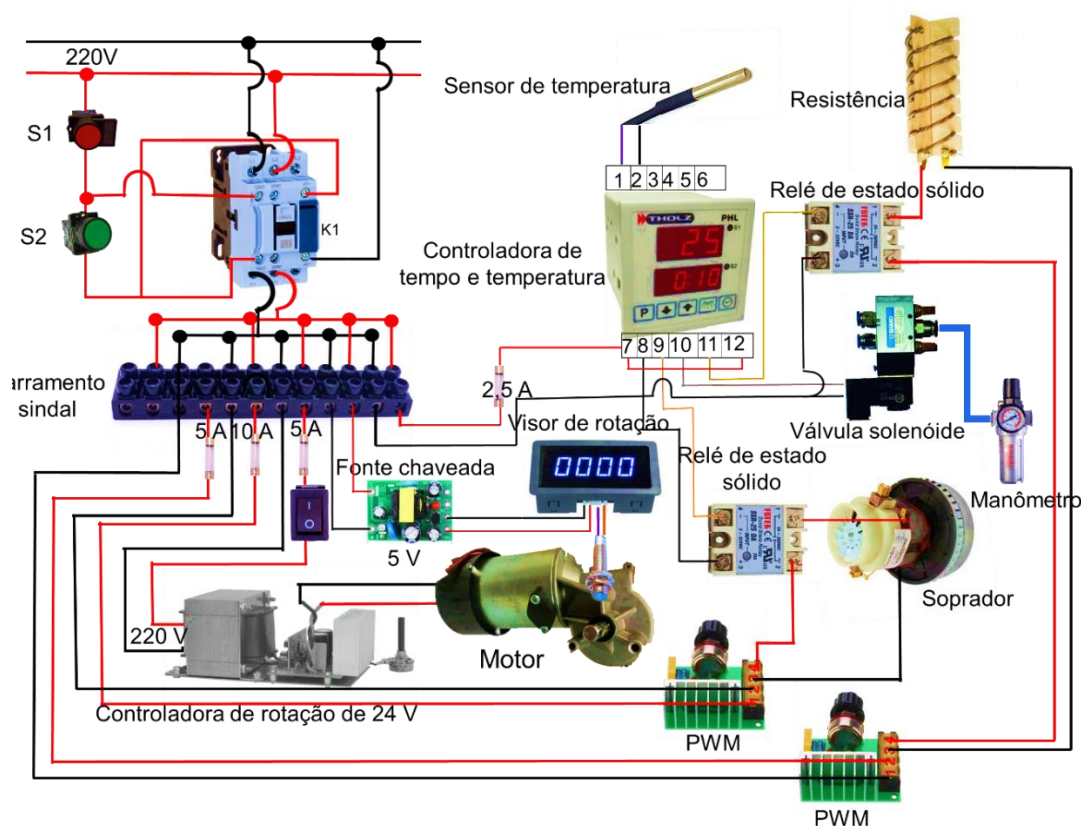


Figura 4. Diagrama esquemático de montagem dos componentes elétricos do protótipo.

#### Material de enchimento e aglutinante utilizados no recobrimento

A escolha dos materiais de enchimento foi estabelecida conforme as metodologias de recobrimento de sementes dos trabalhos Xavier et al. (2015); Sousa et al. (2016); Silva et. (2017); Acha et al. (2018); Baroni et al. (2020).

Dessa forma, foi utilizado o material calcário dolomítico na proporção de 3:1, sendo três partes de material de recobrimento para uma de sementes, ou seja, 300 g de material para cada 100 g de sementes. Os 300 g de material de enchimento foram divididos em porções de 25 g, totalizando 12 camadas de recobrimento. Na etapa de recobrimento, a camada foi aplicada em duas porções de 12,5 g nos intervalos da pulverização do material aglutinante.

O material aglutinante utilizado foi cola cascorez extra à base de polivinila (PVA). A cola foi diluída em água aquecida a 70 °C. Este aquecimento fez-se necessário, para que não ocorresse a formação de pelotas de cola e a solução tivesse maior homogeneidade.

Foram realizados pré-testes com duas proporções de diluição da cola em água: 1:1 (v/v) e 2:1 (v/v), onde a primeira foi estabelecida para o experimento.

Após os pré-testes a proporção de cola estabelecida para os demais experimentos é de 1:1 (v/v).

#### Metodologia de recobrimento

A metodologia de recobrimento foi fundamentada nos trabalhos de Xavier et al. (2015); Sousa et al. (2016); Silva et. (2017); Acha et al. (2018); Baroni et al. (2020).

A regulagem da velocidade do bojo foi ajustada para 65 rpm de acordo com testes preliminares realizados antes do procedimento de recobrimento. O controle do sistema que asperge o material cimentante foi regulado para pressão de 4 bar com tempo de pulverização de três segundos e a temperatura do sistema de secagem foi ajustada para um intervalo de um minuto e meio.

O procedimento de recobrimento foi realizado por repetição, para cada repetição foram pesadas 100 g de sementes, e estas foram colocadas no bojo do protótipo. Em seguida, foi colocada uma porção de material de enchimento de 12,5 g e foi acionado o sistema que asperge material cimentante por três segundos, logo depois, foi colocado mais uma porção de material, e o sistema que asperge material cimentante foi acionado por mais três segundos e ao término dos três segundos o sistema de secagem foi acionado por 90 segundos (Figura 5). Este procedimento resultou na composição de uma camada e foi repetido até que as sementes estivessem com 12 camadas de recobrimento (Xavier et al., 2015; Acha et al., 2016; Guimarães et al., 2020; Silva et al., 2017).

Para a etapa de recobrimento foram utilizadas sementes de milho híbrido UENF 506 – 11 retidas em peneira número 18.

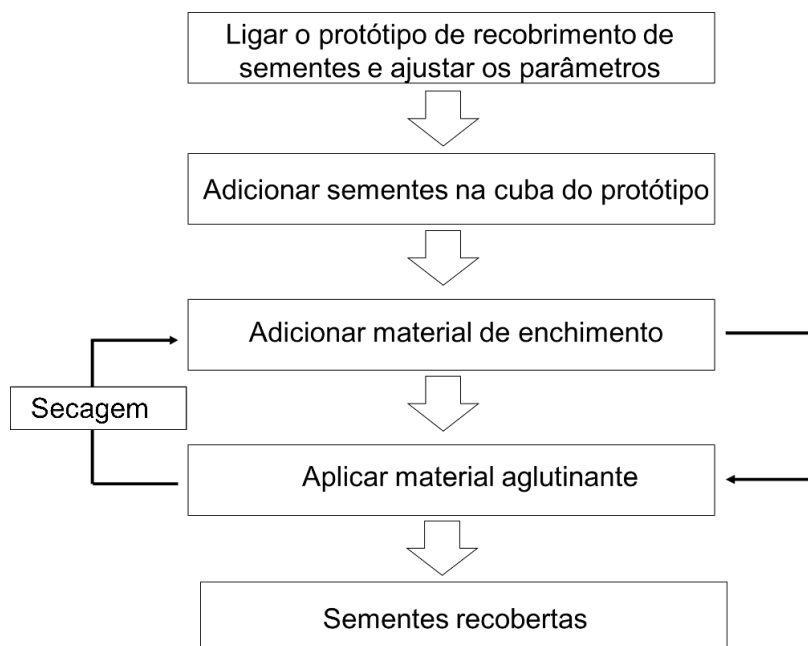


Figura 5. Fluxo de funcionamento do protótipo para o recobrimento de sementes.

#### Avaliações do protótipo para recobrimento de sementes

##### Comparação com equipamento industrial.

Para avaliar a precisão das variáveis e modificações externas foi utilizado como modelo de referência um equipamento industrial da marca *Newpack*<sup>®</sup> modelo N10 de pequeno porte, com capacidade de recobrimento de 3 kg de sementes. Esse equipamento foi selecionado para comparação por ter sido utilizado em diversos trabalhos (Xavier et al., 2015; Sousa et al., 2016; Silva et al., 2017; Acha et al., 2018; Baroni et al., 2020; Guimarães et al., 2020).

O modelo utilizado como base possui sistemas semiautomáticos de pulverização de material ligante, controles de rotação e temperatura.

As variáveis foram mensuradas com a utilização de instrumentos de precisão: anemômetro/termômetro modelo AR816, para medir o fluxo de ar em metros por segundo ( $m.s^{-1}$ ) e temperatura e grau Celsius ( $^{\circ}C$ ); tacômetro digital óptico a laser para medir a rotação (rpm) modelo Dt2234.

O procedimento de calibração de trabalho do protótipo seguiu uma rotina adaptada que foi repetida por quatro vezes. Os ajustes das variáveis seguiram as metodologias propostas por Xavier et al. (2015); Acha et al. (2016); Sousa et al. (2017); Silva et al. (2017); Acha et al. (2018).

Posteriormente, foram verificadas as variáveis do fluxo de ar e temperatura com anemômetro e termômetro por um intervalo de 90 segundos em diferentes temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C. As medições foram realizadas a cada 30 segundos, sendo realizadas três medições no intervalo de 90 segundos. Essas temperaturas foram utilizadas por serem recorrentes em trabalhos de recobrimento de sementes e o intervalo de tempo foi utilizado devido à metodologia de secagem do recobrimento. Esse procedimento foi repetido por 1.080 segundos, equivalente a 18 minutos, tempo médio de secagem para o recobrimento de 12 camadas. Desse modo, foi realizado um total de 36 medições em cada nível de temperatura.

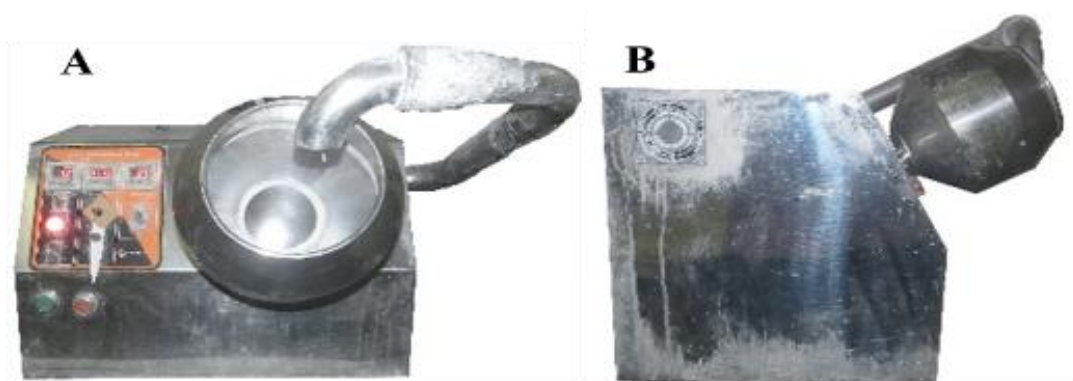


Figura 6. (A - B) Vista frontal e lateral do equipamento industrial *Newpack*® modelo N10.

#### Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características físicas das sementes: material de enchimento aderido às sementes (MAS), massa de material de enchimento não aderido às sementes (MNS), eficiência do processo de recobrimento (EFI), teor de água (TA), diâmetro máximo (DMA), diâmetro mínimo (DMI) e peso de mil sementes (PMS). Em relação às características fisiológicas foram avaliadas a germinação (GER) em papel e índice de velocidade de germinação (IVG).

#### Avaliação de material aderido, eficiência e material não aderido

Após o recobrimento das sementes por repetição nos dois equipamentos, as repetições foram retiradas e pesadas em balança de precisão 0,001 g, para se determinar a massa das sementes recobertas. Este procedimento foi necessário para determinar a massa de material aderido às sementes, em função das 12

camadas de recobrimento.

A determinação de material de enchimento aderido nas sementes (MAS), massa de material de enchimento não aderido às sementes (MNS) e eficiência do processo de recobrimento (EFI) (Donida, 2004) foi realizado conforme as fórmulas:

$$MAS = MSR - MIS$$

$$MNS = MET - MAS$$

$$EFI = \frac{MAS}{MET}$$

Onde:

- MAS – Massa de material aderida às sementes;
- MSI- Massa inicial de sementes;
- MSR – Massa de sementes recobertas;
- MNS – Material não aderido nas sementes;
- MET – Material de enchimento total e
- EFI - Eficiência do processo de recobrimento.

Teor de água (TA)

Foi determinado pelo método da estufa a 105 °C ± 3 °C por 24 horas, seguindo as recomendações descritas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com duas repetições de 4,5 ± 0,5 g cada e os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

Peso de mil sementes (PMS)

Utilizaram-se oito repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g), em seguida calculou-se o coeficiente de variação (C.V.), sendo este menor que 4%. Após a verificação do C.V. os resultados do PMS foram expressos em gramas (Brasil, 2009).

Diâmetro máximo (DMA) e Diâmetro mínimo (DMI)

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento de recobrimento. As sementes foram analisadas pelo equipamento *GroundEye*<sup>®</sup> sistema de análise de imagem por *software*, o qual forneceu o maior e o menor diâmetro (DMA e DMI) encontrados nas sementes e os resultados foram expressos em milímetros (mm).

### Teste de germinação Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Foi realizado em laboratório, utilizaram-se sementes tratadas de milho UENF 506-11 em rolos de papel germiteste, previamente umedecidas com água equivalente a 2,5 vezes o seu peso. Os testes tiveram duração de 10 dias e foram dispostos em germinador com fotoperíodo de oito horas de luz e 16 horas de escuro em temperatura alternada de 20 – 30 °C (Brasil, 2009).

As avaliações foram diárias para se estimar o índice de velocidade de germinação (IVG) conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>n</sub>= número de sementes germinadas na primeira, segunda até a última contagem;

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>n</sub>= número de dias após a semeadura a primeira, segunda até a última contagem.

### Delineamento experimental análise estatística

Para avaliar o processo de recobrimento do protótipo, foram utilizados dois equipamentos (protótipo e industrial) e quatro níveis de temperaturas recobertas com calcário (40, 50, 60 e 70 °C) mais um controle sem recobrimento.

Todas as análises foram realizadas em esquema fatorial 2 x 4 +1 em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

Após a coleta dos dados as variáveis foram submetidas aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificar adequabilidade aos pressupostos da análise de variância, normalidade e homocedasticidade, respectivamente. Foi verificada a necessidade de transformações da variável EFI e foi utilizada a transformação  $\sqrt{x}$  por não atender aos requisitos de homogeneidade de variância e normalidade pelos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk.

As demais variáveis seguiram o modelo de homogeneidade e normalidade, sendo desnecessárias transformações. Em seguida, realizou-se a análise de

variância considerando o tratamento adicional e a análise de regressão para o estudo dos níveis das camadas, teste de Tukey para as variáveis que não tiveram ajustes significativos e Dunnett para análise contraste entre as médias dos tratamentos e o controle. As análises foram realizadas em nível de significância de 5% com auxílio do *software* estatístico R (R *Development Core Team*, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A confecção das partes externas do protótipo com aço inox 430 de 1 mm de espessura (Figura 7A) facilitou a etapa de limpeza após a realização do procedimento de recobrimento das sementes, e não foram observados desgastes por oxidação e não ocorreu acúmulo de resíduos significativos nos componentes internos, provenientes dos materiais de recobrimento.

O ajuste da inclinação (Figura 7D) manteve-se estático na posição de 45° durante toda etapa de recobrimento das sementes, mesmo ocorrendo trepidações ao decorrer do processo de recobrimento. Esse sistema permitiu um ajuste de inclinação de 0° a 90°, diferentemente do equipamento industrial que possui um eixo fixo em 45° (Figura 6B).

Foram inseridas controladoras que permitiram aumento na amplitude de rotação do bojo do protótipo, com variação de 0 a 250 rpm e foi adicionado um sensor de rotação (Figura 4) para melhorar o ajuste fino da rotação de trabalho do bojo do protótipo, diferentemente do equipamento industrial que possui uma controladora com amplitude de trabalho em porcentagem que permite erros de leituras.

Os sistemas de pulverização de material aglutinante e temperatura basicamente são acionados por sistema “on – off”, que são compostos por sistemas eletromecânicos (relés de estado sólido) acionados por impulsos elétricos derivados das controladoras de tempo e temperatura, que permitem a abertura e fechamento para atuadores (válvula solenoide) e resistências (Figura 4). Para que o sistema de temperatura possa ser ajustado a uma faixa ótima de trabalho e permanecer com a histerese no intervalo ajustado nas configurações, as informações são coletadas por sensores de temperatura (Figura 4).





Figura 7. Protótipo para recobrimento de sementes após a montagem. (A-B) Visão total do equipamento; (C) frontal; (D) lateral direita; (E) painel de controle e (F) regulador de pressão.

Com relação aos controles das variáveis tempo de secagem e tempo de pulverização de material aglutinante envolvidos no processo de recobrimento, as controladoras permitiram estabelecer intervalos de tempo em segundos (s). Nas avaliações preliminares não foram observadas diferenças entre essas variáveis nos diferentes equipamentos.

Para o sistema de fluxo de ar de secagem e temperatura foram colocadas controladoras do tipo Dimmer para regular com maior precisão a intensidade de corrente e, conseqüentemente, a potência da carga de alimentação da resistência e soprador de ar, que permitiram ajustes de fluxo de ar no intervalo de 1 a  $32\text{m s}^{-1}$  e controlar a variação da histerese da temperatura que resultou em maior precisão

da temperatura de secagem, controles que o equipamento industrial não possui, sendo um fluxo constante de  $12 \text{ m s}^{-1}$  e corrente nominal constante que resulta em picos abruptos e maiores variações de temperatura (Tabela 1).

Desse modo, verificou-se que o protótipo teve menor variação dentre os quatro níveis de temperaturas testados, no entanto, no nível de temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , as médias não apresentaram diferença estatística, mesmo que a média do equipamento industrial tenha ficado  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  acima da temperatura estabelecida. Para os demais níveis de temperatura testados a  $50$ ,  $60$  e  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  ocorreram diferenças significativas entre as médias. Isto é um indicativo que o protótipo possui maior controle do parâmetro temperatura, devido à controladora inserida no projeto para que fosse possível um ajuste mais preciso (Figura 4).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da média do protótipo e equipamento industrial, submetidos a quatro níveis de controle de temperatura

	Temperatura			
	( $^\circ\text{C}$ )			
	40	50	60	70
Protótipo	$41,60 \pm 2,80 \text{ a}$	$52,4 \pm 4,43 \text{ b}$	$62,2 \pm 2,12 \text{ b}$	$73,12 \pm 2,45 \text{ b}$
Industrial	$45,05 \pm 7,69 \text{ a}$	$59,0 \pm 8,25 \text{ a}$	$71,6 \pm 5,27 \text{ a}$	$78,56 \pm 5,23 \text{ a}$

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste t

O controle mais preciso deste parâmetro é de suma importância visto que variações significativas de temperatura podem comprometer a secagem resultando em maiores valores teor de água.

Para o teor de água, foi observada interação dos fatores estudados e ajuste polinomial de primeiro grau decrescente para o protótipo (M1) e equipamento industrial (M2) (Figura 8). O teor de água sofreu redução acentuada conforme as sementes foram submetidas ao processo de secagem em diferentes temperaturas. O comportamento das regressões de M2 assume valores relativamente superiores ao de M1 em todos os níveis de temperatura (Figura 8). Na temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  mesmo que não tenham ocorrido diferenças significativas no teste de variação (Tabela 1), é importante relatar que nos dois equipamentos ocorre o ajuste de histerese do controle de temperatura com variações de  $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e que o valor de  $7,69$

°C no desvio da média de M2 foi determinante para valores significativamente superior ao de M1, conforme Tabela 2.

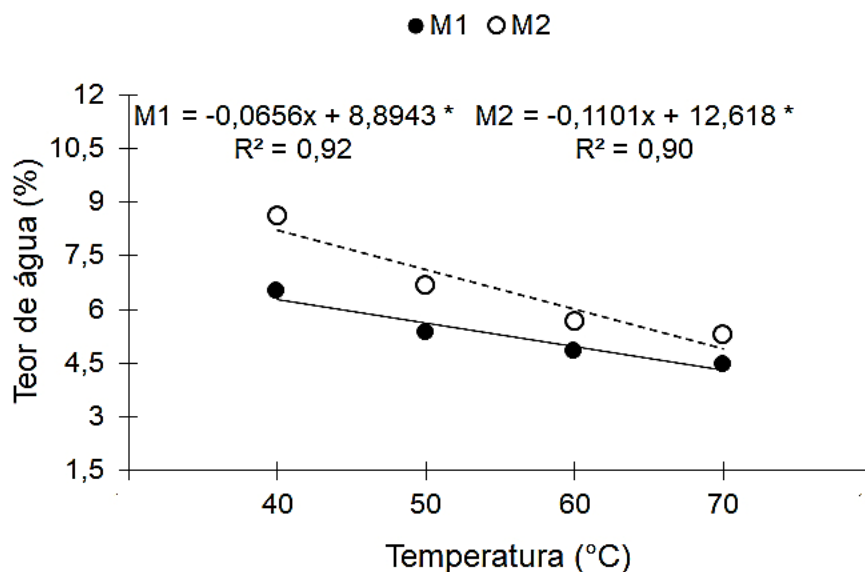


Figura 8. Análise de regressão para teor de água (TA) de sementes de milho UENF 506-11, em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2), submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Desdobramento da interação de teor de água (TA) e peso de mil sementes (PMS) de milho UENF 506-11 recobertas em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	TA (%)		PMS (g)	
	M1	M2	M1	M2
40	6,49 b	8,62 a	628,1 b	656,4 a
50	5,34 b	6,67 a	660,9 b	687,7 a
60	4,83 b	5,66 a	696,2 b	715,2 a
70	4,47 b	5,28 a	766,8 b	778,9 a
Controle	11,28 $\beta$		247,7 $\beta$	
CV (%)	7,5		3,34	

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; valores seguidos de  $\beta$  não diferem da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 verificaram-se diferenças significativas em todos os níveis de temperatura do TA entre M1 e M2. Esses resultados certamente apontam, como já

mencionado anteriormente, que o protótipo foi mais eficaz durante o processo de secagem.

Na Figura 9, a análise de regressão revelou ajuste polinomial de primeiro grau crescente em ambos os equipamentos (M1 e M2), com incrementos de 4,51 e 3,95 por unidade de temperatura, respectivamente. Ao analisar as figuras correspondentes ao TA (Figura 8) e PMS (Figura 9), ficam evidenciados que o aumento do PMS é inversamente proporcional ao TA. Desse modo, na medida em que ocorre a composição das camadas de recobrimento nos diferentes equipamentos, ocorre também o aumento inverso e proporcional entre o PMS e TA.

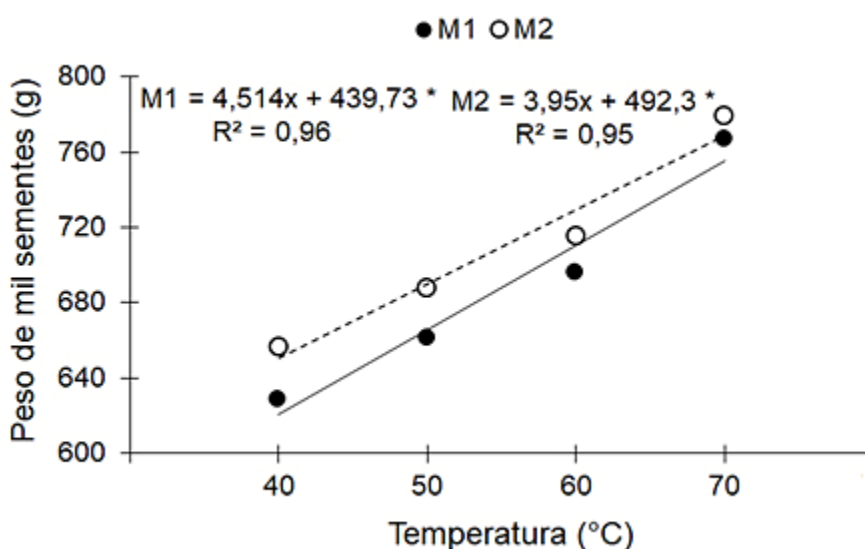


Figura 9. Análise de regressão para peso de mil sementes (PMS) de sementes de milho UENF 506-11, em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2), submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

O teor de água é afetado diretamente pela adição de material de revestimento que aumenta o peso seco total das sementes que aparentemente reduz o teor de água (Mendonça et al., 2000). Muito embora a formação das camadas de recobrimento acabe por diminuir o TA, é de suma importância enfatizar que nesse trabalho a quantidade de material utilizado para a formação das camadas foi igualmente aplicado nas sementes durante o processo de recobrimento. Certamente, as diferenças significativas entre os equipamentos (M1 e M2) ocorreram devido ao maior acúmulo percentual de água nos recobrimentos das sementes em M2.

Ainda na Tabela 2 para o peso de mil sementes (PMS), foram observadas diferenças significativas em todos os níveis de temperatura entre os equipamentos (M1 e M2) com valores relativamente superiores aos de M1. Esses valores do PMS maiores em M2, certamente estão relacionados às oscilações de temperatura que resultaram em resíduo de TA em todos os níveis em que as sementes foram submetidas durante o processo de recobrimento.

Esse efeito fica caracterizado ao analisar diâmetro máximo e mínimo (Tabela 3). Verificou-se que ocorreu diferença significativa somente na característica DMA no nível de 70 °C, ou seja, nos níveis 40, 50 e 60 °C não ocorreram incrementos de materiais de enchimento ao ponto de diferir o tamanho das sementes no mesmo nível nos diferentes equipamentos, sendo assim, é plausível que o aumento do PMS tenha sido influenciado pelo remanescente de TA no recobrimento.

Tabela 3. Desdobramento da interação de diâmetro máximo (DMA) e diâmetro mínimo (DMI) de sementes recobertas em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	DMA		DMI	
	M1	M2	M1	M2
40	1,00 a	1,04 a	0,84 a	0,85 a
50	1,13 a	1,15 a	0,87 a	0,90 a
60	1,22 a	1,21 a	0,94 a	0,99 a
70	1,37 a	1,26 b	1,02 a	1,05 a
Controle	0,90 $\beta$		0,67 $\beta$	
CV	23,08		15,44	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; valores seguidos de  $\beta$  não diferem da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Ao analisar a Figura 10 foi constatada interação dos fatores e ajuste polinomial de primeiro grau crescente para os dois equipamentos em função dos níveis de temperatura. Foi verificado no nível de 70 °C o aumento de 8,7% ao ponto correspondente a M1 em relação ao ponto da média de M2. Esse aumento foi determinante para que no nível de 70 °C a referida média tenha assumido valor superior.

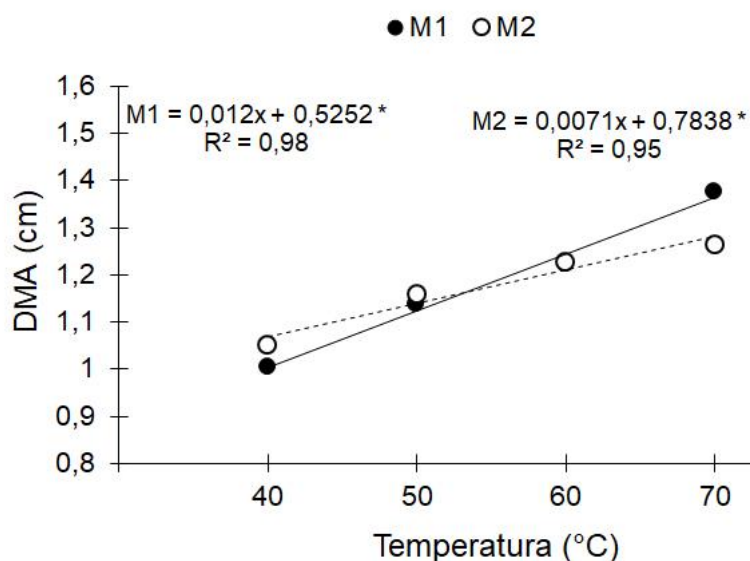


Figura 10. Análise de regressão para diâmetro máximo (DMA) de sementes de milho UENF 506-11 em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2), submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

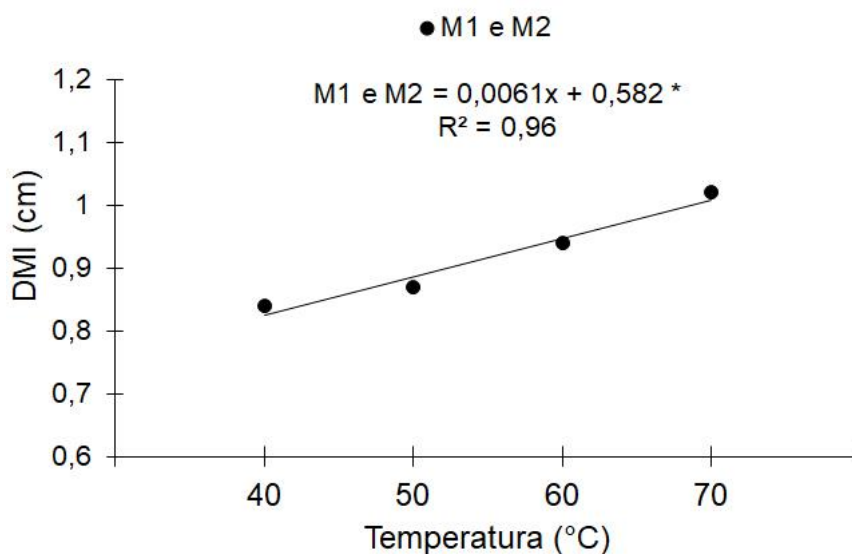


Figura 11. Análise de regressão para diâmetro mínimo (DMI) de sementes de milho UENF 506-11 em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2) submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

A análise de regressão para a variável diâmetro mínimo (DMI) não apresentou interação significativa, sendo verificado somente o efeito dos diferentes níveis de temperatura (Figura 11). Os dados de DMI ajustaram-se ao modelo polinomial de primeiro grau crescente com adição de 0,0061 de material por

unidade de temperatura. Assim como no DMA, os incrementos de material em função dos níveis de temperatura não foram determinantes para o aumento do PMS do equipamento industrial (M2), nos mesmos níveis de temperaturas.

Os dados referentes às médias de material aderido nas sementes (MAS), material não aderido (MNS) e eficiência do recobrimento de sementes de milho híbrido no protótipo e equipamento industrial em diferentes níveis de temperatura não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 4).

No entanto, essas informações são fundamentais para se ter uma estimativa das quantidades de materiais para se recobrir sementes e das perdas durante o processo de recobrimento nos equipamentos.

Veerificou-se aumento de MAS à medida em que ocorre aumento da temperatura. Os valores no nível de 70 °C, por mais que não tenham diferido entre si, em M1 ocorreu aumento de 3% que foi determinante para a diferença significativa entre as médias no mesmo nível na variável DMA.

Com relação ao material não aderido (MNA), foi constatada a influência direta na perda de material em função da temperatura, fica evidente que em níveis mais baixos de temperatura ocorrem maiores perdas. Essas perdas, durante o processo de recobrimento, podem tornar a técnica inviável caso não ocorram ajustes metodológicos, principalmente em relação à temperatura que funciona como catalisadora na eficiência de secagem do material cimentante que interliga as partículas dos materiais formando o recobrimento. Assim, menores níveis de temperaturas resultam em menores porcentagens de eficiência (EFI) (Tabela 4).

Para a análise de regressão de material aderido nas sementes (MAS), não ocorreu interação entre os fatores. Os dados ajustaram-se ao modelo polinomial de primeiro grau crescente com incrementos de 47,62 g a cada 10 °C (Figura 12). Esse acréscimo de material foi determinante para a formação das camadas de recobrimento, sendo então, indiferente à deposição de material nas sementes em função dos equipamentos testados é uma característica influenciada diretamente pela temperatura mesmo que o desvio em torno da média estabelecida no equipamento fique acima da histerese determinada nas configurações de trabalho.

Tabela 4. Desdobramento da interação de material aderido nas sementes (MAS), material não aderido (MNA) e eficiência do recobrimento de sementes (EFI) de sementes de milho UENF 506-11 recobertas em diferentes temperaturas

Temperatura	MAS		MNA		EFI	
	(g)				(%)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
40	144,41 a	128,02 a	155,58 a	171,97 a	48,13 a	42,13 a
50	188,30 a	190,87 a	111,69 a	109,12 a	62,76 a	63,62 a
60	238,52 a	236,80 a	63,19 a	61,47 a	79,50 a	78,93 a
70	283,07 a	274,81 a	16,92 a	25,18 a	94,35 a	91,60 a
CV (%)	1,31		3,08		3,93	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

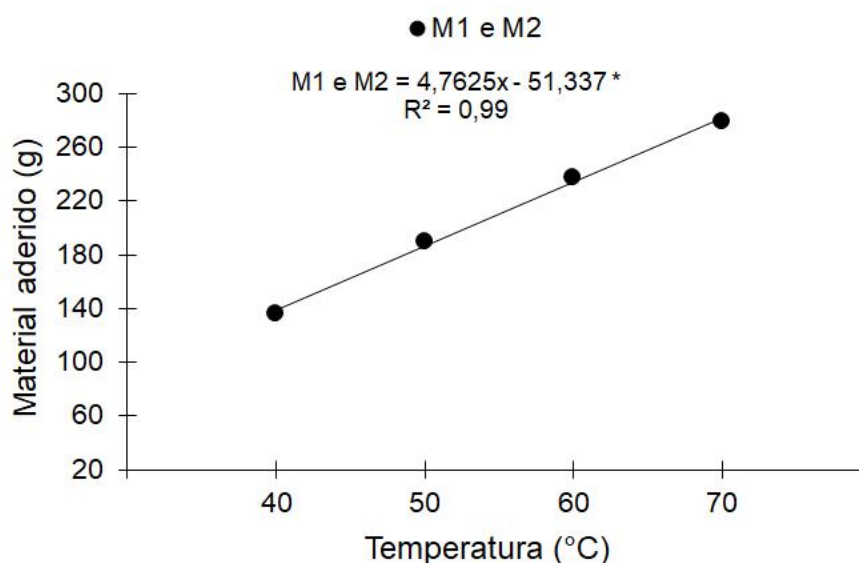


Figura 12. Análise de regressão para material aderido nas sementes (MAS) de sementes de milho UENF 506-11 em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2) submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ao analisar a Figura 13, foi observado para material não aderido (MNA) ajuste polinomial de primeiro grau decrescente. Foi constatado, devido à natureza dos dados, valores inversos ao da equação de regressão de MAS, dessa forma, a cada 10 °C ocorre uma perda de material de 47,62 g.



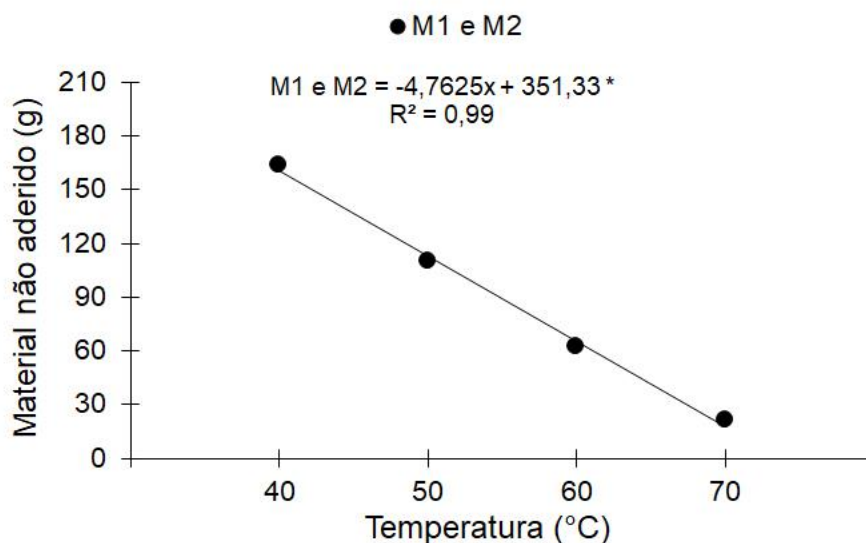


Figura 13. Análise de regressão para material não aderido nas sementes (MNA) de sementes de milho UENF 506-11 em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2), submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Ao analisarmos todas as características físicas é perceptível a influência direta da temperatura na formação das camadas de recobrimento. No que se refere ao teor de água (TA), mudanças bruscas durante a secagem provocadas pelos gradientes de temperatura e umidade, podem resultar em alterações fisiológicas, podendo comprometer porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e presença de plântulas anormais.

A relação de índice de velocidade de germinação (IVG) e temperatura ajustou-se ao modelo de primeiro grau decrescente nos equipamentos (M1 e M2) (Figura 14). A equação referente ao protótipo (M1) apresentou maior decréscimo de IVG por unidade de temperatura, 1,03 a cada 10 °C. No entanto, somente no nível de 40 °C as médias apresentaram diferenças significativas, que resultaram no aumento de 11,9% em relação ao IVG do equipamento industrial (M2) (Tabela 5). Esses resultados apontam que mesmo tendo ocorrido a interação dos fatores equipamentos versus temperaturas, nos níveis 50, 60 e 70 °C, a resposta de IVG se dá em função da temperatura de secagem e que o maior valor no nível de 40 °C foi devido ao maior controle de variação no equipamento M1, que manteve as sementes na temperatura ótima de secagem.

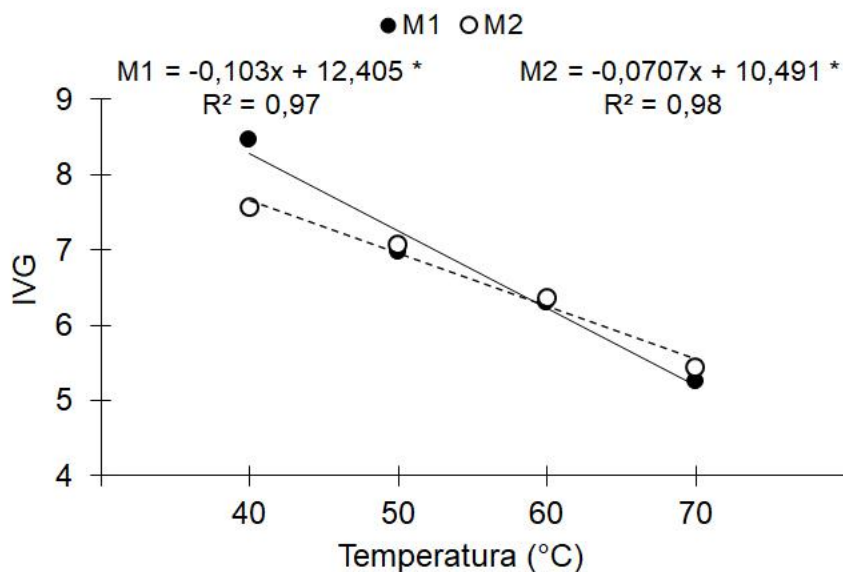


Figura 14. Análise de regressão para índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de milho UENF 506-11 em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2), submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 5 foram verificadas diferenças significativas para a variável germinação (GER) nos níveis de 40 e 50 °C e, pelo teste de Dunnett, não ocorreram diferenças significativas do controle (testemunha) ao comparar com protótipo (M1) no nível de 40 °C. Danos fisiológicos provocados pela secagem em altas temperaturas podem contribuir para alterações nos sistemas subcelulares, redução da permeabilidade de membranas celulares e taxa respiratória (Garcia et al., 2004). Para a secagem de sementes de milho, a temperatura deve variar entre 40 e 50 °C, sendo prejudicial para as características fisiológicas valores que ultrapassam esses limites (Amaral e Dalpasquale, 2000). Altas temperaturas de secagem para o milho têm sido estudadas, por ocasionarem mudanças metabólicas que intensificam injúrias nas sementes.

Em relação ao estudo de recobrimento com diferentes temperaturas para avaliar o efeito nas qualidades fisiológicas, ainda é um nicho incipiente, principalmente devido à forma metodológica de recobrimento que geralmente ocorre em equipamentos de sistemas rotativos adaptados como betoneiras. Em literatura, trabalhos com recobrimento de sementes geralmente não realizam a secagem durante o processo de recobrimento, sendo realizada após, por períodos definidos em função da espécie estudada e realizada em temperatura ambiente ou

em estufa com circulação forçada de ar (Silva et al., 2002; Arsego et al., 2006; Medeiros et al., 2006; Conceição e Vieira, 2008).

Tabela 5. Desdobramento da interação de índice de velocidade germinação (IVG) porcentagem de germinação (GER) de sementes de milho UENF 506-11, recobertas em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	IVG		GER (%)	
	M1	M2	M1	M2
40	8,46 a	7,56 b	93,03 a $\beta$	87,76 b
50	6,96 a	7,06 a	86,94 a	80,75 b
60	6,29 a	6,35 a	75,99 a	75,73 a
70	5,25 a	5,44 a	71,58 a	69,69 a
Controle	9,97 $\beta$		96,5 $\beta$	
CV (%)	10,08		2,11	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; valores seguidos de  $\beta$  não diferem da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett ao 5% de probabilidade.

Mendonça et al. (2007), trabalhando com recobrimento de milho super doce, realizaram a secagem das sementes em estufa com circulação forçada de ar a 25 °C e temperatura ambiente por 24 horas. No mesmo estudo, os autores tiveram que mudar a forma metodológica de secagem devido à desidratação excessiva que resultou em fissuras nos recobrimentos, sendo então adotada a secagem em ambiente ventilado por ventiladores de teto.

Na figura 15 observa-se o efeito danoso das temperaturas de 60 e 70 °C, que resultam em diminuição dos valores percentuais finais de germinação. Ao analisar os pontos referentes a 40 e 50 °C, a resposta fica nítida entre os diferentes equipamentos, sendo que, a resposta do efeito danoso nas sementes foi mais acentuada no equipamento industrial.

Segundo Ullmann et al. (2010), temperaturas de secagem acima de 60 °C removem água com maior agressividade que acionam fissuras em nível celular nas sementes. Desse modo, como já mencionado, mesmo que ocorra maior controle no processo de secagem da temperatura, as sementes acabam por sofrerem injúrias com temperaturas superiores a 50 °C. Também com os resultados do TA nas temperaturas de 40 e 50° C (Figura 8) pode-se inferir que o alto teor de umidade

possa ter desencadeado o envelhecimento acelerado, e nas temperaturas de 60 e 70 °C podem ter ocorrido remoção de água do interior das sementes com maior velocidade que resultaram em injúrias.

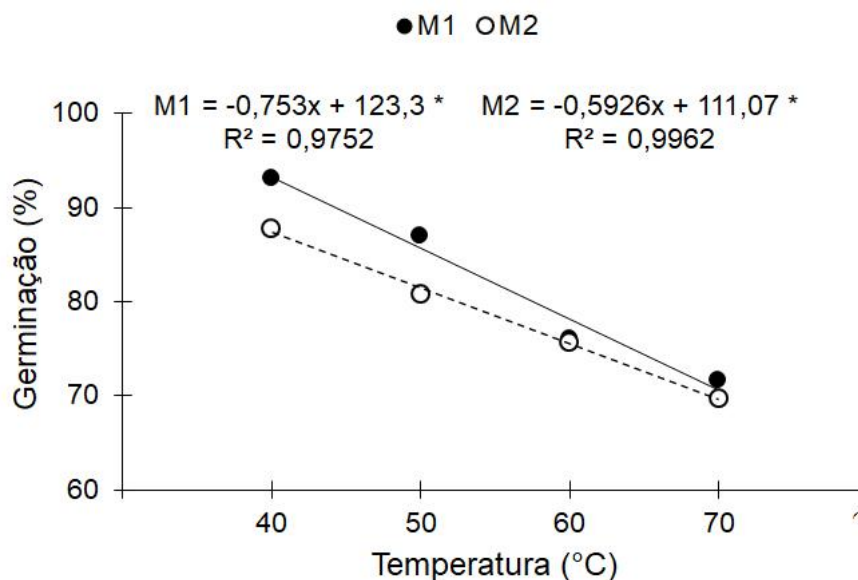


Figura 15. Análise de regressão para índice de porcentagem de germinação (GER) de sementes de milho UENF 506-11 em dois equipamentos protótipo (M1) e industrial (M2), submetidas aos diferentes níveis de temperatura. \* ajuste da equação de regressão significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

## CONCLUSÃO

O protótipo desenvolvido mostrou-se adequado para o recobrimento de sementes de milho.

As variáveis materiais aderido, material não aderido e eficiência do recobrimento nas sementes não foram influenciadas pelos diferentes equipamentos, mas são influenciadas pela temperatura.

Maiores valores de teor de água nas sementes recobertas no equipamento industrial resultaram em menores porcentagens de germinação nas temperaturas de 40 e 50 °C e os menores percentuais referentes aos dois equipamentos nas temperaturas de 60 e 70 °C resultaram em injúrias nas sementes devido às altas temperaturas.

## REFERÊNCIAS

- Acha, A. J., Vieira, H. D., Freitas, M. S. M. (2016). Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15: 1998-2005.
- Acha, A. J., Vieira, H. D., Souza, C. L. M., Silva, F. W. A. (2018) Methodology of applying different doses of boron and zinc in the coating of perennial soybean seeds. *Journal of experimental agriculture international*, 26: 1-9.
- Amaral, D., Dalpasquale, V. A. (2000). Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 20: 55-66.
- Arsego, O., Baudet, L., Amaral, A. S., Hölbig, L., Peske, F. (2006). Recobrimento de sementes de arroz irrigado com ácido giberélico, fungicidas e polímero. *Revista Brasileira de Sementes*, 28: 201-206.
- Baroni, D. F., Vieira, H. D., Silva, F. W. A., Acha, A. J., Pires, J. I. C. (2020). Physical and physiological quality of seeds of Campo Grande *Stylosanthes* coated with different binder materials. *Ciência Rural*, 50: 1-8.
- Brasil Ministério da Agricultura. (2009) Regras para Análises de Sementes. Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV, p. 395.
- Conceição, P. M., Vieira, H. D. (2008). Qualidade fisiológica e resistência do recobrimento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, 30: 48-53.
- Donida, M. W. (2004) *Análise das Influências das Características do Sólido e da Suspensão no Processo de Recobrimento em Leito de Jorro*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas, 141p.
- Lopes, A. C. A., Nascimento, W. M. (2012) Peletização em sementes de hortaliças. Embrapa Hortaliças –Brasília – DF, Documentos, 137, 28p.
- Maguire J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Peske, F. B. (2006). Recobrimento de sementes de cenoura com aglomerante em diversas proporções e fungicida. *Revista Brasileira de Sementes*, 28: 94-100.
- Melo, B. A. (2017) *Desenvolvimento de um protótipo e estudo de materiais para incrustação de sementes de colza*. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Campina Grande - PB, Universidade Federal de Campina - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 139p.
- Mendonça, E. A. F., Carvalho, N. M., Ramos, N. P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh2) *Revista Brasileira de Sementes*, 29: 68-79.

- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Silva, F. W. A., Vieira, H. D., Baroni, D. F., Maitan, M. Q., Acha, A. J. (2017) Germination Performance of Campo Grande (*Stylosanthes capitata / macrocephala*) Stylos Seeds Coated with Different Layers of Inert Material. *American Journal of Experimental Agriculture*, 18: 1-8.
- Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Nascimento, W. M. (2002). Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, 20: 67-70.
- Sousa, P. G. F. D., Vieira, H. D., Amorim, M. M., Acha, A. J. (2016) Coating with fungicide and different doses of fertilizer in vinhatico seeds. *African Journal of Biotechnology*, 15: 2091-2097.
- Sousa, R. V., Lopes, W., Inamassu, R. Y. (2014). *Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação*. In: Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. A. de A., Luchiari Junior, A., Romani, L. A. S. (Ed.). *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.
- Ullmann, R., Resende, O., Sales, J. F., Chaves, T. H., (2010). Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. *Revista Ciência Agronômica*, 41: 442-447.
- Xavier, P. B., Vieira, H. D., Guimarães, C. P. (2015) Physiological potential of stylosanthes cv. Campo Grande seeds coated with different materials. *Journal of Seed Science*, 37: 117-124.

## 5. TRABALHO 2

Influência do recobrimento com diferentes materiais e camadas de recobrimento na padronização do formato de sementes de milho híbrido

### RESUMO

A incorporação de tecnologias que agregam valor às sementes como na técnica de recobrimento é uma exigência no setor. Mesmo crescente nos últimos anos, estudos para fornecer informações precisas sobre a padronização de características físicas e avaliações das características fisiológicas em sementes de milho (*Zea mays* L.) de menor tamanho e que não possuem boa aceitação no mercado são incipientes. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes camadas de recobrimento com os materiais calcário dolomítico e silicato de cálcio sobre as características físicas e fisiológicas de sementes de milho híbrido UENF 506-11. As sementes foram recobertas em um protótipo de drageadora de bancada com calcário dolomítico, silicato de cálcio e uma solução de adesivo a base de acetato de polivinila mais água aquecida. O experimento foi conduzido em fatorial 2 x 5 + 1 (2 materiais de recobrimento x 5 níveis de camadas, mais o controle), em laboratório foi em delineamento inteiramente casualizado e em casa de vegetação em blocos ao acaso. O recobrimento proporcionou alterações significativas nas características físicas, resultando em maior uniformidade no tamanho com a

aplicação das camadas de recobrimento que afetaram substancialmente as características fisiológicas, resultando em decréscimos acentuados nas porcentagens finais de germinação, emergência e aumento expressivo de até 1190% de plântulas anormais.

Palavra-chave: calcário, drageadora, silicato, recobrimento, *Zea mays*.

#### ABSTRAT

The incorporation of technologies that add value to seeds as in the coating technique is a requirement in the sector. Even growing in recent years, studies to provide accurate information on the standardization of physical characteristics and assessments of physiological characteristics in seeds of corn (*Zea mays* L.) of smaller size and that is not well accepted in the market are incipient. In this context, the objective was to evaluate the effect of different coating layers with the materials dolomitic limestone and calcium silicate on the physical and physiological characteristics of hybrid corn seeds UENF 506-11. The seeds were covered in a coating machine prototype with dolomitic limestone, calcium silicate, and an adhesive solution based on polyvinyl acetate plus heated water. The experiment was carried out in a factorial  $2 \times 5 + 1$  (2 coating materials x 5 levels of layers, plus the control), in a laboratory in a completely randomized design and in a greenhouse in random blocks. The covering provided significant changes in the physical characteristics, resulting in greater uniformity in size with the application of the covering layers that substantially affected the physiological characteristics, resulting in marked decreases in the final percentages of germination, emergence and a significant increase of up to 1190% of abnormal seedlings.

Key-words: limestone, dragee, silicate, overlay, *Zea mays*.

#### INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta da família *Poaceae* e é um dos principais cereais produzidos no mundo ficando atrás somente do arroz e do trigo (Silveira et



al., 2015). É uma das culturas mais antigas do mundo, sendo uma das primeiras a serem domesticadas pelo homem (Duarte et al., 2008). Desde o advento da domesticação até os dias atuais sempre esteve à frente na destinação de tecnologias modernas destinadas, principalmente, ao cultivo e propagação (Herrendorf e Schoellman, 2015).

Com maiores demandas de grãos de milho, principalmente destinadas à indústria de alimentação humana que corresponde cerca de 15% no mundo, tem-se buscado aprimorar as técnicas que sejam cada vez mais racionais para se produzir com alta qualidade (Ranum et al., 2014; FAO, 2019).

A cultura demanda alto investimento principalmente nos primeiros 60 dias de cultivo e as técnicas inerentes à sementeira devem satisfazer as variáveis técnicas rígidas nas características físicas, especialmente em sistema de plantio direto por utilizarem semeadoras que garantem distribuição uniforme e adequabilidade das sementes no sulco de sementeiras para boa emergência das plântulas (Trogello et al., 2014). Uma alternativa viável para padronizar as características físicas do milho, principalmente para as sementes menores que não têm muita aceitação entre os produtores, é o recobrimento de sementes. Sendo esta alternativa uma tecnologia que permite, além de uniformizar o formato das sementes, viabilizar a inoculação de microrganismos e ser via de incorporação de macro e micronutrientes (Santos, 2016).

O recobrimento consiste basicamente em adicionar materiais secos, inertes, juntamente com um material aglutinante à superfície das sementes, permitindo a modificação do formato e tamanho das sementes (Silva et al., 2002; Nascimento et al., 2009; Lopes e Nascimento, 2012). É uma técnica que permite diminuir os custos de produção de mudas, o desperdício de sementes e facilita a sementeira mecanizada (Santos, 2016). Apesar do aumento na utilização de sementes recobertas disponíveis no mercado nos últimos anos, estudos que são direcionados a disponibilizar informações pontuais sobre o recobrimento de sementes de milho, principalmente para sementes com classificações de peneiras menores 18 (7,14 mm) ainda são incipientes.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do número de camadas de recobrimento de calcário dolomítico e silicato de cálcio sobre as características físicas e fisiológicas de sementes de milho híbrido UENF 506-11.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia e em casa de vegetação no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em Campos dos Goytacazes – RJ, logo após a aquisição das sementes em outubro de 2019. Foram utilizadas sementes de milho híbrido (*Zea mays* L.) UENF 506-11, de peneira número 18 provenientes das colheitas das safras 2019/2019 no município de Itaocara – RJ.

### Caracterização das sementes

Foram avaliadas as qualidades físicas e fisiológicas: peso de mil sementes (PMS), teor de água (TA), germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG), antes de se proceder com o recobrimento das sementes (Tabela 1).

Tabela 1. Avaliação das características física e fisiológica de milho híbrido (*Zea mays* L.) UENF 506-11

PMS	TA	GER	PCG	IVG
g		%		-
245,4	11,28	96,5	93,5	9,97

### Materiais de recobrimento e aglutinante

Foram utilizados como material de recobrimento silicato de cálcio e calcário dolomítico conforme os trabalhos de Xavier et al. (2015); Sousa et al. (2016); Silva et. al (2017); Acha et al. (2018); e Baroni et al. (2020).

As informações das características químicas e físicas foram disponibilizadas pelas empresas fornecedoras dos materiais, e somente a densidade dos materiais foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1). Para se determinar a densidade das partículas, acondicionou-se uma alíquota de 20 gramas de material seco (MFSE) em latas de alumínio, que foram levadas para estufa a 105 °C por 24 horas. Posteriormente, foram colocadas em dessecador, pesadas e transferidas para balões de 50 ml aferidos. Adicionou-se 20 ml de álcool etílico em cada balão, sendo eles bem

agitados para eliminação das bolhas de ar, completando posteriormente o volume. De posse do volume de álcool (L) gasto, determinou-se o volume do material (MFSA) pela expressão:  $V_s = 50 - L$ . A densidade de partículas foi obtida pela seguinte fórmula:

$$DP = \frac{M_s}{V_s}$$

Onde:  $D_p$  = densidade de partículas, em  $\text{g.cm}^{-3}$ .

$M_s$  = massa da amostra de material seco a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  (kg).

$V_s$  = volume de sólidos ( $\text{dm}^3$ ).

Tabela 2. Descrições químicas e físicas dos materiais utilizados para os recobrimentos das sementes

Característica	Silicato	Calcário
	de cálcio	dolomítico
	(%)	
Umidade	1,6	1
CaO	40,6	36
MgO	11,8	12
Densidade ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	2,66	2,86
Peneira (Mesh)/abertura (mm)	Passante (%)	
10 / 2	100	100
20 / 0,84	100	99
50/0,297	100	92
325/ 0,044	98	-

Como material aglutinante foi utilizada uma solução de adesivo a base de acetato de polivinila (PVAc) diluído em água aquecida a  $70\text{ }^\circ\text{C}$  na proporção de 1/1 (v/v) (Mendonça et al., 2007; Xavier et al., 2015; Sousa et al., 2016; Silva et al., 2017; Acha et al., 2018; Baroni et al., 2020).

Tabela 3. Descrição das características físico-químicas de adesivo a base de acetato de polivinila (PVAc)

Acetato de polivinila (PVAc)			
Teor de sólidos	Viscosidade a 25°C	Densidade a 25°C	pH a 25°C
(%)	(Kg/m.s)	(g/cm <sup>3</sup> )	
44 - 46	6 – 8	1,07	4 -5

A proporção entre material de recobrimento e sementes foi de 3:1 (p/p). Para o procedimento de recobrimento, os materiais de enchimento foram divididos em porções de 50 g, que totalizou uma camada de recobrimento. Para facilitar o procedimento de recobrimento essa porção foi dividida em duas porções de 25 g.

#### Recobrimento das sementes

O processo de recobrimento das sementes foi realizado em uma drageadora de bancada, desenvolvida no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). A drageadora foi regulada para a velocidade de 65 rpm, a pressão do sistema de ar comprimido foi regulada para 4 bar e o sistema de secagem foi regulado em 50 °C. O ajuste de regulagens do equipamento e metodologias de recobrimento foram adaptados de Xavier et al. (2015); Silva et al. (2017); Acha et al. (2018); Baroni et al. (2020); e Guimarães et al. (2020).

Os recobrimentos foram realizados com quatro repetições de 200 g de sementes de milho colocadas no bojo da drageadora, em seguida foi adicionada uma porção de material de enchimento de 25 g, o sistema que asperge material ligante foi acionado por três segundos e, logo em seguida, foi colocada mais uma porção de material e o sistema acionado por mais três segundos, e ao término dos três segundos o sistema de secagem foi acionado por 90 segundos. Esse procedimento representou uma etapa para a composição de uma camada e foi repetido até que as sementes tivessem atingindo a quantidade de camadas de recobrimentos (6, 8, 10, 12, e 14) desejada (Xavier et al., 2015; Acha et al., 2016; Guimarães et al., 2020; Silva et al., 2017).

## Características avaliadas

Foram avaliados o teor de água (TA), o diâmetro máximo (DMA), o diâmetro mínimo (DMI), o peso de mil sementes (PMS), a porcentagem de germinação (GER), sementes mortas (SM), a primeira contagem de germinação (PCG), o índice de velocidade de germinação (IVG), a emergência (EME), o índice de velocidade de emergência (IVE), o comprimento da raiz (CRA), a parte aérea (CPA), a massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSRA).

### Teor de água (TA)

Foi determinado pelo método da estufa a  $105\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  por 24 horas segundo as recomendações descritas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com duas repetições de  $4,5 \pm 0,5$  g cada e os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

### Peso de mil sementes (PMS)

Utilizaram-se oito repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em peso médio de mil sementes em gramas (Brasil, 2009).

### Diâmetro máximo (DMA), Diâmetro mínimo (DMI) e circularidade (CIR)

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento de recobrimento. As sementes foram analisadas pelo equipamento *GroundEye*<sup>®</sup> sistema de análise de imagem por *software*, o qual forneceu o maior e o menor diâmetro (DMA e DMI, respectivamente) encontrados nas sementes e os resultados foram expressos em milímetros (mm).

### Teste de germinação (GER)

Foi realizado em laboratório, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) em rolos de papel germiteste, previamente umedecidas com água equivalente a 2,5 vezes o seu peso. Os testes foram dispostos em germinador com fotoperíodo de 16/8 horas (escuro/luz) em temperatura alternada de 20 – 30 °C, sendo 16 horas de escuro a 20 °C e 8 horas de luz a 30 °C por um período de 10 dias.

Ao longo do teste foram realizadas contagens diárias para a determinação ao final do índice de velocidade de germinação (IVG), pela fórmula proposta por Maguire (1962).

Ao término do teste de germinação foram contabilizadas as sementes mortas (SM). Foram consideradas mortas as sementes que apresentaram o interior gelatinoso.

#### Teste de emergência (E%)

Foi conduzido em casa-de-vegetação em vasos com capacidade de cinco litros, contendo como substrato areia peneirada e lavada. O teste teve duração de quinze dias e as avaliações foram diárias para se determinar o índice de velocidade de emergência (IVE), de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Ao término do teste foram separadas 10 plantas representativas das parcelas para proceder as avaliações de comprimento da raiz (CRA) e da parte aérea (CPA), com auxílio de uma régua milimetrada. Após a biometria das partes aéreas e das raízes, ambas foram embaladas em sacos previamente identificados e pesados em balança de precisão, os sacos foram mantidos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSRA).

#### Delineamento experimental análise estatística

Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 2 x 5 +1, sendo dois materiais de recobrimentos (calcário dolomítico e silicato de cálcio), cinco níveis de camadas (6, 8, 10, 12 e 14) e um controle de sementes sem recobrimentos. Em laboratório o esquema adotado para as avaliações foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 50 sementes. Em casa de vegetação foi adotado o esquema em blocos ao acaso (DBC), em oito blocos contendo 20 sementes por parcela experimental.

Após a coleta dos dados, as variáveis foram submetidas aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificar adequabilidade aos pressupostos da análise de variância, normalidade e homocedasticidade, respectivamente. Os dados relativos a IVG, PA e SM foram transformados para  $\sqrt{x}$ ,  $\sqrt{x}$ , e  $1/x$ , respectivamente, por não atenderem aos requisitos de homogeneidade de variância e normalidade pelos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente.

Em seguida, realizou-se a análise de variância considerando o tratamento adicional e a análise de regressão para o estudo dos níveis das camadas e teste de Tukey para as variáveis que não tiveram ajustes significativos. As análises foram realizadas em nível de significância de 5% com auxílio do *software* estatístico R (R Development Core Team, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados das sementes recobertas com os materiais, silicato de cálcio e calcário dolomítico em função de diferentes camadas de recobrimento. As equações ajustaram-se aos modelos polinomiais de primeiro e segundo grau, respectivamente, para o peso de mil sementes (PMS). De acordo com os resultados apresentados, ocorreu o aumento significativo e gradativo no intervalo que corresponde de 6 a 14 camadas de silicato adicionadas à composição dos recobrimentos das sementes.

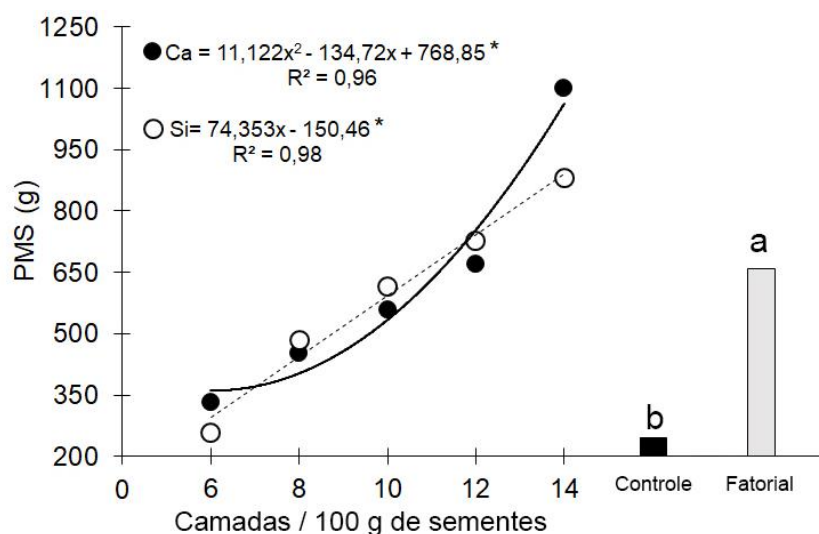


Figura 1. Análise de regressão para peso de mil sementes (PMS) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Com relação ao calcário, o aumento apresenta mesma intensidade de composição de camadas ao do silicato no intervalo correspondente de 6 a 12 camadas. A partir da adição de material para a composição dos recobrimentos superiores a 12, ocorre um aumento de cerca de 20% em relação ao silicato. Ao comparar o tratamento controle com o fatorial, as médias são estatisticamente diferentes entre si, apontando efeito direto do recobrimento no PMS.

Ao analisar as demais variáveis, diâmetro máximo (DMA) (Figura 2) e diâmetro mínimo (DMI) (Figura 3), foram verificados comportamento análogo ao do PMS, polinomial de primeiro grau para o material silicato de cálcio e polinomial de segundo grau para calcário dolomítico.

Nas características PMS, DMA e DMI (Figura 1, 2 e 3), ocorreu aumento abrupto referente aos valores correspondentes ao calcário dolomítico recobertos com 14 camadas, e esse aumento certamente deve-se ao fato de que durante a etapa de recobrimento o material fica depositado no bojo da drageadora com alta concentração de material aglutinante, que na etapa final de secagem acabam por aderir com maior intensidade nas sementes.

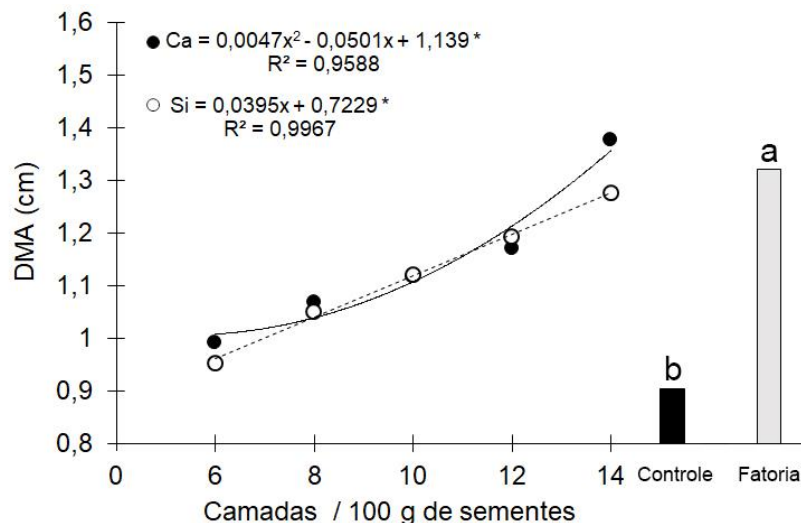


Figura 2. Análise de regressão para diâmetro máximo (DMA) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.



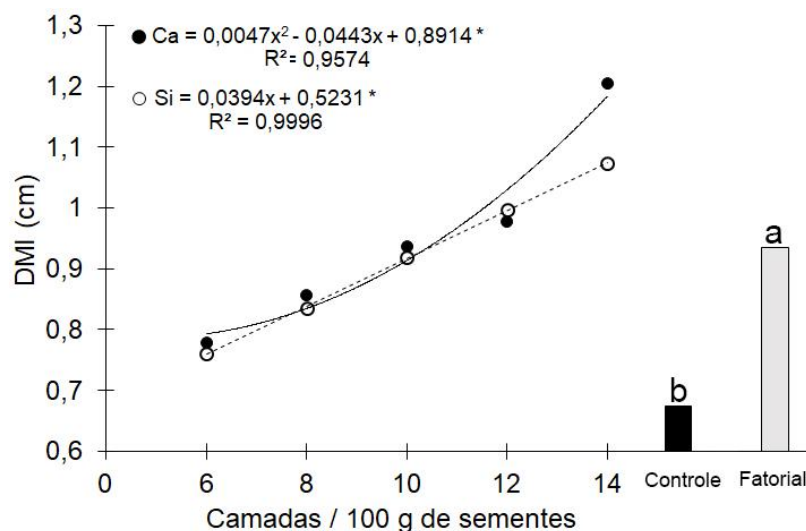


Figura 3. Análise de regressão para diâmetro mínimo (DMI) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

De acordo com Baroni et al. (2020), a eficiência da metodologia de recobrimento está relacionada à proporção do material aglutinante, à proporção do material de enchimento, ao tempo de secagem, ao número de camadas utilizadas, e a alta concentração de material aglutinante no bojo da drageadora aumenta consideravelmente o poder adesivo entre os particulados.

É perceptível ao analisar as características PMS, DMA e DMI que os diferentes materiais interagem diferentemente durante o processo de recobrimento das sementes após a 12ª camada. A formação das camadas também tem relação direta com a densidade e tamanho das partículas dos materiais. Entre os materiais utilizados, o calcário possui maior densidade e maiores tamanhos das partículas (Tabela 2).

Segundo Acha et al. (2020), o recobrimento das sementes proporciona incrementos no PMS de até 350% e os valores relacionados à densidade do calcário e silicatos de  $2,86 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $2,66 \text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente, são determinantes para a formação das camadas.

Dessa forma, as características iniciais das sementes foram modificadas significativamente com a aplicação de ambos os materiais de recobrimento (Figura 4), conforme observado nas curvas das regressões e entre a diferença do controle e fatorial.

Essas mudanças nas características são resultados das quantidades de materiais utilizados para compor as camadas de recobrimento, e o aumento nos valores correspondentes aos do DMA e DMI proporcionam à medida que ocorrer a formação das camadas em função da quantidade de material, e maior uniformidade no tamanho das sementes (Silva et al., 2017).

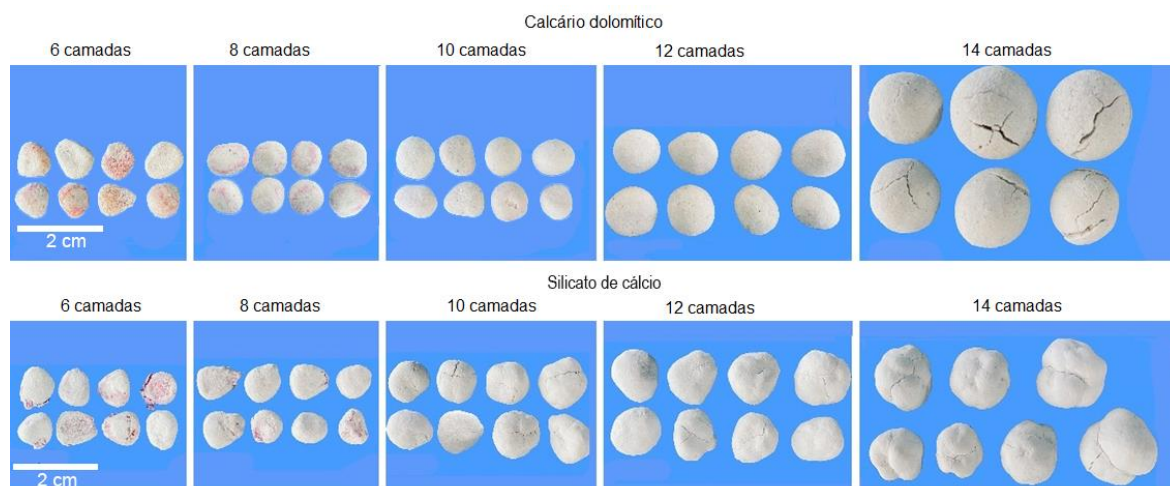


Figura 4. Sementes de milho híbrido UENF 506-11, recobertas com os materiais calcário dolomítico e silicato de cálcio, submetidas às diferentes camadas de recobrimento.

A circularidade das sementes (Figura 5) não apresentou interação entre materiais e camadas, foram observados somente o efeito simples do fator camada e a diferença significativa entre o controle e fatorial. A variável ajustou-se ao modelo polinomial de primeiro grau crescente.

É importante ressaltar que para a referida variável, a circularidade das sementes é mensurada no intervalo de 0 a 1, sendo 0 menos circular e 1 mais circular. Independentemente do tipo de material que as sementes são recobertas ou material aglutinante utilizado no processo de recobrimento, as sementes tornam-se mais circulares (Baroni et al., 2020).

Dessa forma, ao analisar o comportamento da regressão, constatou-se que na medida em que ocorre o acréscimo de camadas há o aumento na homogeneização na forma das sementes.

Desse modo, o recobrimento confere à semente uma forma arredondada, aumentando seu tamanho e, assim, facilitando sua distribuição, seja ela manual ou mecânica (Nascimento et al., 2009). Essas modificações nas características físicas das sementes são fundamentais para uma semeadura padronizada, desde a distribuição e identificação no sulco em função do tamanho, formato e cor das

sementes, além de isentar o desbaste para algumas culturas (Silva et al., 2002). No entanto, o aumento substancial no tamanho das sementes pode comprometer as características fisiológicas além de comprometer a semeadura. Neste trabalho, foram observadas durante a montagem dos testes de germinação, linhas irregulares no papel germiteste em decorrência de não ter placas de padronização de teste com furação apropriada e com tamanho para as sementes recobertas com 12 e 14 camadas.

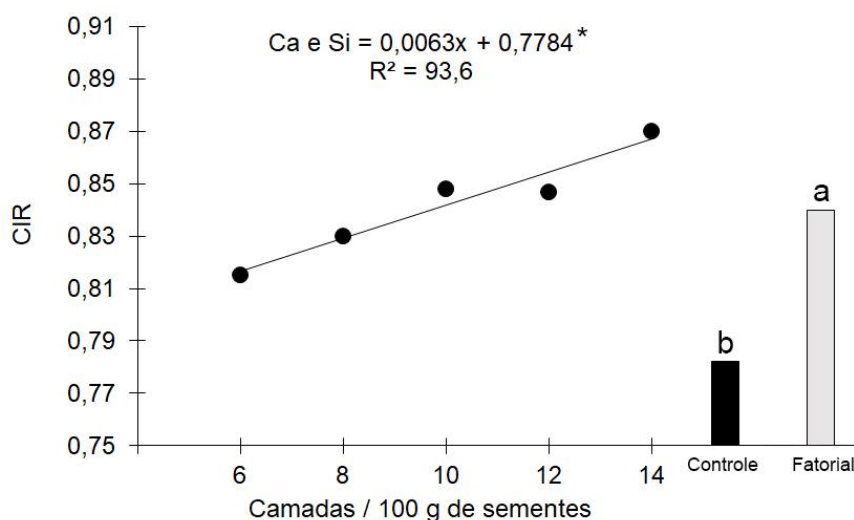


Figura 5. Análise de regressão para circularidade (CIR) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

O teor de água (TA) para as sementes recobertas com os materiais calcário dolomítico e silicato de cálcio, apresentaram valores inferiores quando comparadas ao tratamento controle (Figura 6). Foi verificada interação dos fatores estudados e ajuste polinomial de primeiro grau para os materiais com tendência decrescente para ambos (Figura 6). A diminuição nos valores correspondentes ao TA das sementes em função do número de camadas apresentou a mesma tendência decrescente, com valores correspondentes a 6 (9,95%) e 8 (8,27%) camadas de recobrimento de silicato de cálcio são superiores aos do calcário dolomítico (8,52 e 7,4%).

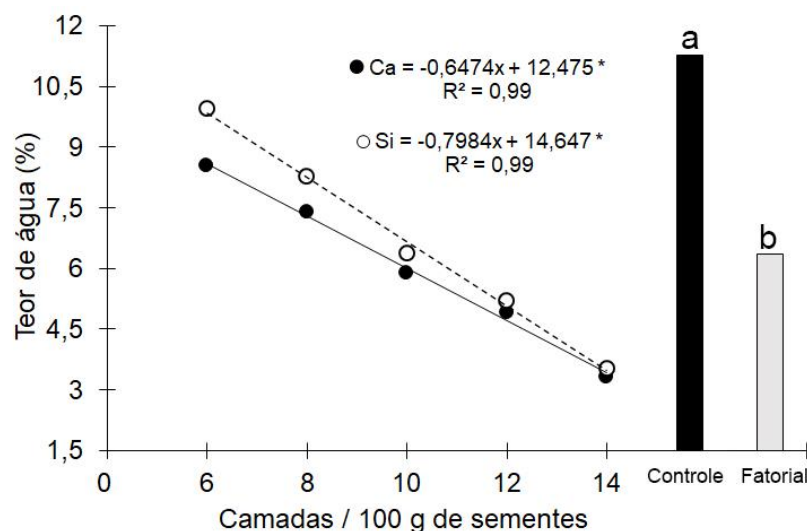


Figura 6. Análise de regressão para teor de água (TA) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Isto se deve ao fato de que o silicato de cálcio é um material nanoporoso com altíssima área superficial, desse modo, a estrutura do material proporciona uma grande afinidade com a água, que interage de maneira diferenciada com as superfícies do silicato de cálcio (Pelisser et al., 2009). Entretanto, vale ressaltar que a redução nos valores do TA é determinada basicamente pela adição de material e que os TA contidos nas sementes não são alterados (Conceição e Vieira, 2009). De modo geral, o recobrimento diminui o TA devido ao acréscimo de material nas sementes pelo processo de recobrimento, como foi relatado por diversos autores (Lagôa et al., 2012; Xavier et al., 2015; Souza et al., 2017; Silva et al., 2017; Acha et al., 2018; Baroni et al., 2020).

Os resultados referentes ao TA das sementes recobertas indicam que a metodologia de recobrimento utilizada neste estudo foi eficiente, uma vez que não ocorreram acúmulos de umidades nos recobrimentos em função da aplicação de material aglutinante, e que a temperatura de 50 °C foi eficaz para a secagem. A qualidade de recobrimento tem relação direta com a metodologia empregada no processo (Xavier e Vieira, 2018). Sendo assim, ficou evidente o decréscimo nos teores de água das sementes, mesmo sendo adicionado mais material aglutinante em função das quantidades de camadas.

Não foi constatada interação entre os dois fatores estudados (material e camadas), para a variável índice de velocidade de germinação (IGV). O modelo da equação ajustou-se ao polinomial de segundo grau. Ocorreu redução significativa em função da adição de camadas de recobrimentos com pontos mínimos de 13,77 camadas e índice de velocidade de germinação (IVG) de 6,18 (Figura 7).

Para o IVG, PCG e GER, foi verificado somente o efeito das camadas e ajuste polinomial de segundo grau (Figura 9).

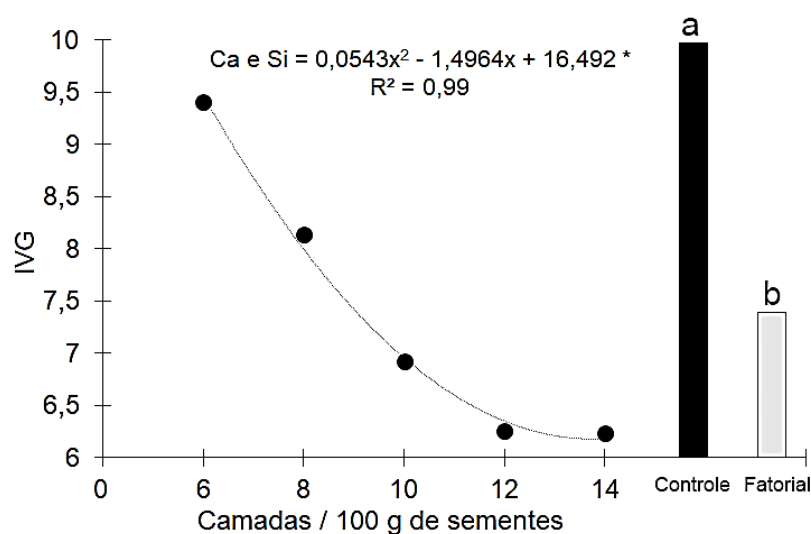


Figura 7. Análise de regressão para índice de velocidade de germinação (IVG) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

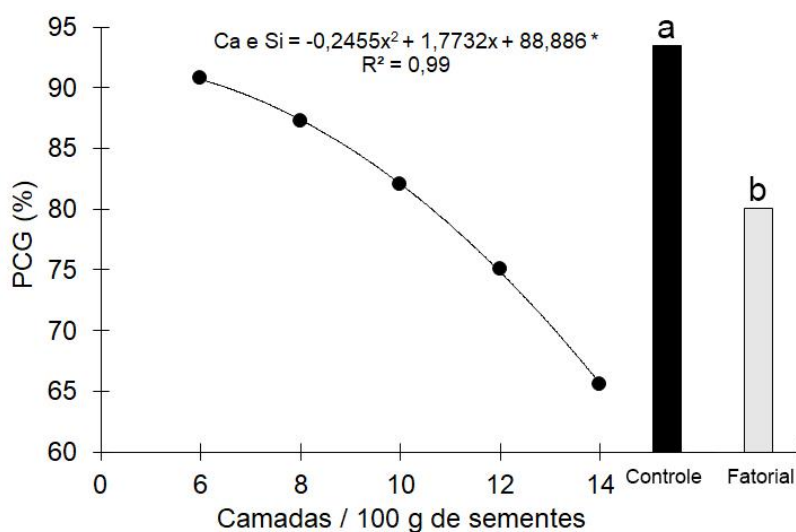


Figura 8. Análise de regressão para primeira contagem de germinação (PCG) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

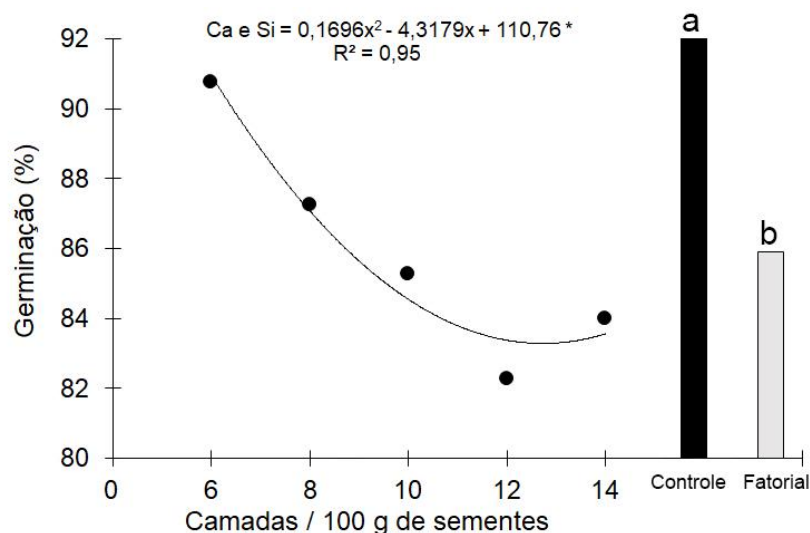


Figura 9. Análise de regressão para germinação (GER) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para as variáveis IVG, PCG e GER (Figura 7, 8 e 9) observou-se que na medida em que ocorre a formação das camadas, ocorre também a diminuição nos valores dessas características e nenhuma foi superior ao controle. Dessa forma, os recobrimentos influenciaram a embebição das sementes que, conseqüentemente, retardou a primeira fase do padrão trifásico de absorção de água que resultou em menores valores (Xavier e Vieira, 2018).

A diminuição nos valores do IVG, PCG e GER certamente está relacionada à espessura do recobrimento, que acaba sendo mais uma barreira física que deve ser superada, impedindo principalmente as trocas gasosas e a permeabilidade da água entre o meio e as sementes (Nascimento et al., 2009; Caldeira et al., 2016; Siddartha et al., 2017). Desta maneira, a água disponível no substrato não entra em contato com as sementes até que ocorra a hidratação por completo do recobrimento, assim, ocorre o atraso na germinação e pode até acarretar injúrias em níveis fisiológicos devido ao retardo de água que a barreira do recobrimento impõe. Este efeito impermeabilizante do recobrimento é o principal obstáculo na

utilização de sementes recobertas devido ao atraso na germinação até mesmo diminuição nas porcentagens finais de germinação.

No entanto, alguns autores relatam que apesar do atraso inicial das sementes recobertas, as porcentagens finais de germinação são semelhantes às sementes sem recobrimentos (Tavares et al., 2013; Xavier et al., 2018). Neste trabalho, houve redução de 37,46%, 29,94% e 12,53% no índice e percentuais de IVG, PCG e GER, respectivamente, ao comparar o controle com sementes recobertas. Mesmo com as eventuais reduções em tais características fisiológicas, para sementes recobertas com seis, oito e dez camadas, a porcentagem final de germinação é em conformidade com a instrução normativa 45/2013 do MAPA.

Ao visualizar a porcentagem de germinação com 14 camadas (84%), ocorre um pequeno acréscimo na germinação em relação à taxa de germinação das sementes recobertas com 12 camadas (82,25%), e esse aumento decerto, está relacionado às pequenas fissuras que o recobrimento com 14 camadas possui em virtude do tamanho que o recobrimento assume depois da 12ª camada e, independente do material utilizado, essas fissuras permitiram as trocas gasosas e de água.

Para plântulas anormais (PA) verificou-se o ajuste polinomial de segundo grau e não houve interação significativa entre os fatores (Figura 10). Constatou-se aumento de PA em função do acréscimo de camadas de recobrimento de até 11,9 vezes em relação ao controle quando submetidas ao recobrimento com 12 camadas.

As anormalidades mais comuns foram atrofiamento do coleótilo e radícula. Mendonça et al. (2007) também observaram que além de reduzir a porcentagem final de germinação de milho super doce, ocorreu aumento nas porcentagens de plântulas anormais que estão relacionadas ao arranjo das partículas finas do material de enchimento e da ocupação dos espaços porosos pela solução adesiva. Em sementes de estilosantes, a barreira do recobrimento também restringiu o crescimento, o que acabou ocasionando malformação que resultou em maiores porcentagens de plântulas anormais (Xavier et al., 2015).

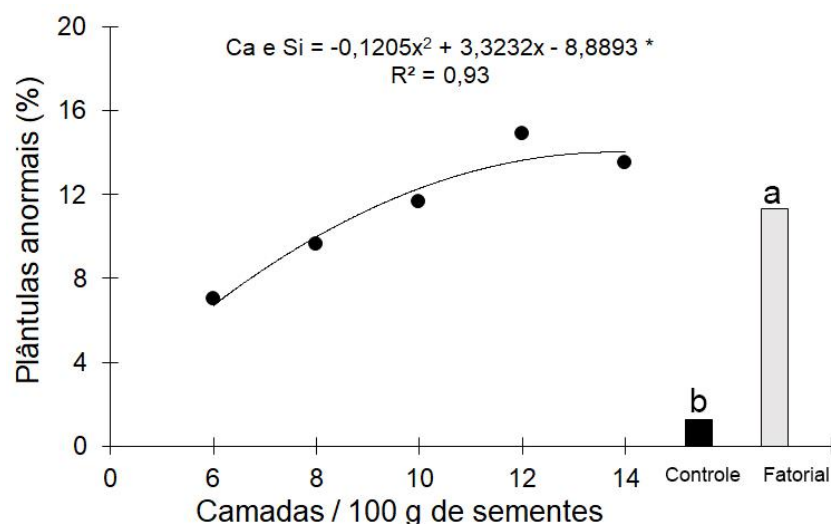


Figura 10. Análise de regressão para plântulas anormais (PA) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O índice de velocidade emergência (IVE) seguiu comportamento semelhante ao da porcentagem de emergência (EME) e, diferentemente do IVG e GER, houve efeito da interação entre materiais e camadas, com ajustes polinomiais de primeiro e segundo grau (Figura 11).

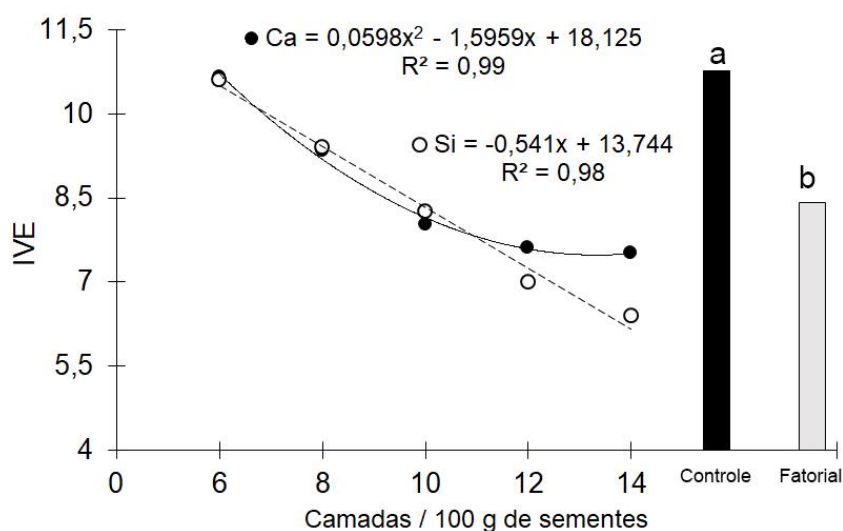


Figura 11. Análise de regressão para índice de velocidade de emergência (IVE) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.



Assim como no IVE, a porcentagem de emergência (EME) ajustou-se aos modelos polinomiais de primeiro e segundo grau (Figura 12).

No que diz respeito ao silicato de cálcio (Si), em ambas as variáveis (IVE e EME) seguiu ajuste polinomial de primeiro grau com comportamentos decrescentes de -0,541 e -1,01 por unidade de camadas adicionadas ao recobrimento das sementes, indicando resposta direta do material silicato de cálcio em função dos números de camadas (Figura 11 e 12).

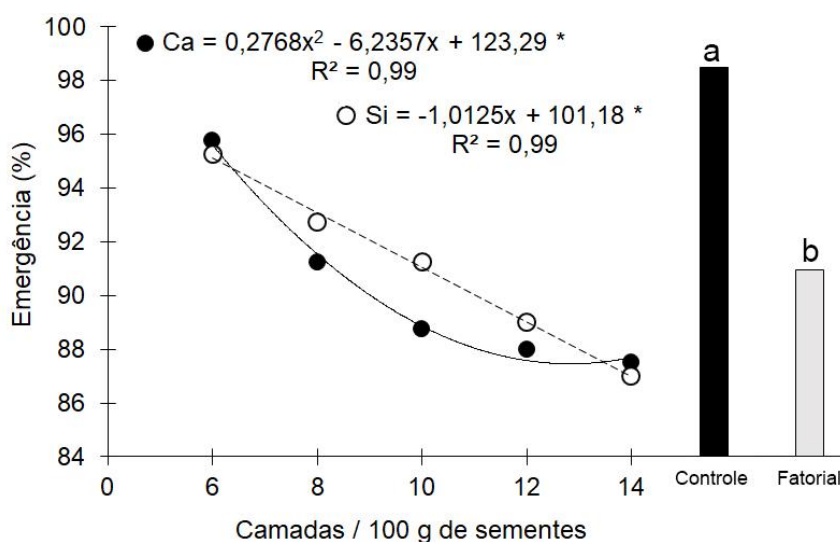


Figura 12. Análise de regressão para porcentagem de emergência (IVE) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quanto ao calcário dolomítico (Ca), o ajuste foi polinomial de segundo grau com pontos mínimos de 13,34 e 7,47 no índice de velocidade de emergência (IVE) (Figura 11) e 11,26 e 88,17% na porcentagem de emergência (EM) (Figura 12).

É perceptível que com o aumento das camadas de recobrimentos ocorre redução nas respectivas variáveis independente do tipo de material. A resposta do efeito deletério da utilização de calcário dolomítico mesmo sendo distintas ao do silicato de cálcio no intervalo de 8 a 12 camadas, não se mostra tão acentuada, sendo a maior diferença de 2,5 % quando as sementes foram submetidas a 12 camadas. Isto aponta que mesmo sendo significativa a interação entre os fatores, a resposta não é expressiva a ponto de comprometer as características fisiológicas em resposta da utilização de diferentes materiais de recobrimento no mesmo nível. No entanto, quando se comparou o controle (98,5%) com o menor percentual de

emergência (88%), constatou-se redução de 10,5%, o que é bastante expressivo e evidencia a diferença significativa entre o controle e fatorial.

Em sementes recobertas ocorre a redução nas porcentagens finais de emergência, devido ao maior tempo de absorção de umidade do solo que diminui o IVE (Costa et al., 2001). Esse retardo pode ser de até 20 dias devido ao obstáculo imposto pelo recobrimento, sendo o vigor das sementes fundamental para o rompimento dessa barreira, assim, pequenas variações de vigor contribuem para a desuniformidade do estande inicial de plântulas (Santos et al., 2011; Derré et al., 2014). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Silva e Nakagawa (1998) que observaram que independente da granulometria e do tamanho do recobrimento ocorre diminuição no vigor das sementes.

Para a massa seca da raiz (MSRA) foi observado o efeito da interação dos fatores, sendo que as regressões se ajustaram ao modelo polinomial de segundo grau com pontos mínimos de 8,29 camadas e 0,8 g de massa seca, quando as sementes foram submetidas ao recobrimento com calcário dolomítico, e o máximo de 11,17 camadas e 0,89 de massa seca das raízes quando recobertas com silicato de cálcio (Figura 13).

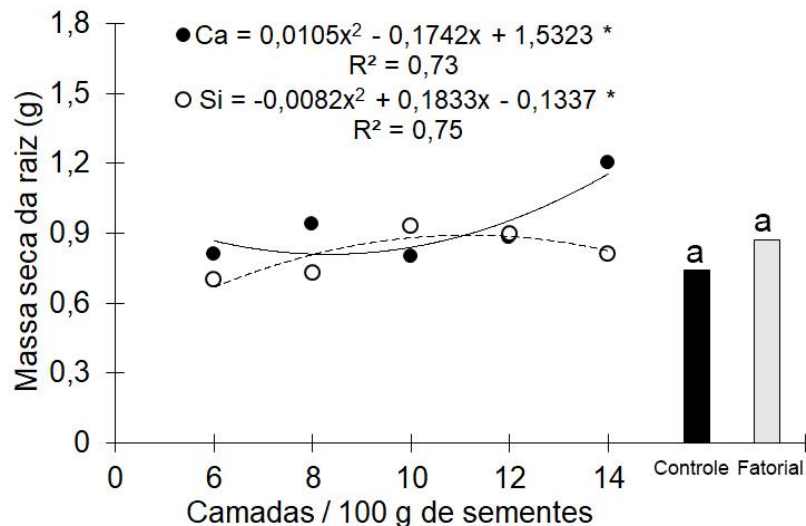


Figura 13. Análise de regressão para massa seca da raiz (MSRA) em função da quantidade de camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14) e comparação do controle com o fatorial. \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Contudo, apesar do efeito da interação ter sido significativo, ao comparar o controle de sementes não recobertas com o fatorial, não foi observada diferença significativa. Isto é um indicativo de que os materiais não comprometeram a

composição da matéria seca das raízes. Esse efeito fica evidenciado pela diferença de 0,39 g entre os materiais aplicados no recobrimento dos pontos com maior nível de camadas (14). Ao comparar o ponto correspondente ao calcário dolomítico no mesmo nível de camadas (14) com o controle, foi constatada diferença de até 0,46 g.

Tunes et al. (2014) observaram os efeitos do caulim como fonte de silício no desenvolvimento das raízes de arroz (*Oryza sativa* L.) à medida em que eram adicionadas doses do filossilicatos. O recobrimento de sementes pode favorecer o desenvolvimento das radículas quando utilizados materiais que possam estimular a degradação mais eficiente das reservas (Melo et al., 2020). Sendo assim, certamente os materiais utilizados nesse trabalho permitiram estimular o desenvolvimento das raízes. As avaliações de massa seca da parte aérea e raízes são de suma importância, uma vez que permitem mensurar o desenvolvimento da planta, para que se possa assegurar o estabelecimento das plântulas em campo (Oliveira et al., 2014).

Para sementes mortas (SM), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento das raízes (CRA) e comprimento da parte aérea (CPA), a análise de regressão dos dados não foi significativa, sendo assim, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 4). O efeito do material (calcário e silicato) e do número de camadas não foi determinante para ocasionar efeitos nas características, esses resultados apontam que o recobrimento não compromete o desenvolvimento das plântulas até a fase em que foram avaliadas. Estes resultados corroboram o estudo realizado por Teodoro et al. (2011), onde constataram que o beneficiamento de sementes de *Brachiaria* não ocasionaram efeitos nas características que mensuram a biomassa das plântulas, como folhas e raízes quando comparadas com sementes não tratadas com o recobrimento.

Tabela 4. Sementes mortas (SM), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento das raízes (CRA) e comprimento da parte aérea (CPA) de mudas de milho híbrido (*Zea mays* L.) UENF 506-11

Camadas	SM		MSPA		CRA		CPA	
	(%)		(g)		(cm)			
	CA	SI	CA	SI	CA	SI	CA	SI
6	2,75 a	1,75 a*	0,42 a	0,42 a	26,6 a*	29,7 a	19,5 a*	16,7 b
8	2,75 a	2,25 a	0,42 a	0,43 a	29 a	32 a*	18,4 a	17,7 a
10	2,75 a	3 a*	0,40 a	0,44 a	26,2 a*	29,4 a	17,4 a	17,9 a
12	3 a*	3,25 a*	0,40 a	0,45 a	29,8 a	31,5 a	17,2 a	18,5 a
14	3,25 a*	3 a*	0,45 a	0,42 a	29,6 a	34,6 a*	18,3 a	18,5 a
Controle	2,25		0,46		30,2		17,74	
CV (%)	13,33		18,34		6,68		13,39	

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* difere da média do tratamento controle pelo teste Dunnett ao 5% de probabilidade

## CONCLUSÃO

O recobrimento alterou consideravelmente as características físicas das sementes do milho híbrido UENF 506-11, na medida em que foram adicionadas camadas independentes do material utilizado. No entanto, as sementes recobertas com seis e oito camadas de recobrimentos seriam mais indicadas para o plantio, visto que as sementes com 12 e 14 camadas adquiriram ao término do processo de recobrimento, características incompatíveis para o semeio com placas ou discos com furações comerciais.

Os cinco níveis de camadas (6, 8, 10, 12 e 14) testados afetaram negativamente as características fisiológicas, ocorreram decréscimo nas porcentagens e índices finais de PCG, IVG e GER, sendo mais acentuado nos níveis de 10, 12 e 14 camadas nas características IVE e EME ao serem recobertas com calcário dolomítico.

O recobrimento com os diferentes níveis de camadas prejudicou o desenvolvimento das plântulas, principalmente no nível de 12 camadas com aumento de até 1190% de plântulas anormais, quando comparado ao controle.

## REFERÊNCIAS

- Acha A. J, Vieira H. D, Souza C. L. M., Silva F. W. A. (2018) Methodology of applying different doses of boron and zinc in the coating of perennial soybean seeds. *Journal of experimental agriculture international*, 26: 1-9.
- Acha A. J, Vieira H. D. (2020). Digital image processing of coated perennial-soybean seeds and correlation with physiological attributes. *Journal of Seed Science*, 42: e202042004
- Acha, A. J., Vieira, H. D., Freitas, M. S. M. (2016). Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15:1998-2005.
- Baroni, D. F. Vieira, H. D., Silva, F. W. A., Acha. A. J., Pires, J. I. C. (2020). Physical and physiological quality of seeds of Campo Grande *Stylosanthes* coated with different binder materials. *Ciência Rural*, 50:1-8.
- Brasil Ministério da Agricultura. (2009) Regras para Análises de Sementes. Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV, p. 395.
- Brasil. (2013) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 45. Brasília. MAPA, 38p.
- Caldeira, C. M., Carvalho, M. L. M., Guimaraes, R. M., Coelho, S. V. B. (2016). Qualidade de sementes de tabaco durante o processo de pelotização e armazenamento. *Ciência Rural*, 46: 216-220.
- Carvalho, N. M., Nakagawa, J. (2012) Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal, FUNEP. 144p.
- Conceição P. M., Vieira H. D., Silva R. F., Campos S. C. (2009) Qualidade fisiológica e resistência do recobrimento de sementes de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, 33: 765-772.
- Costa, C. E. L., Silva, R. F., Lima, J. O. G., Araújo, E. F. (2001) Sementes de cenoura, *Daucus carota* L., revestidas e peliculadas: germinação e vigor durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, 26: 36-45.
- Derré L. O., Custódio C. C., Agostini E. A. T., Guerra W. E. X. (2013). Obtenção das curvas de embebição de sementes revestidas e não revestidas de *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. In. *Colloquium Agrariae* 9: 103-111.
- Duarte, J. de O., Cruz, J. C. Garcia, J. C., Mattoso, M. J. (2008). Embrapa Milho e Sorgo: sistema de produção: importância econômica. Disponível em: Acesso em: 17 abr. 2021.
- Embrapa-Empresa brasileira de pesquisa agropecuária (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 212p.

- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/home/en/>. 2019.
- Guimarães, C. P., Vieira, H. D., Beltrame, R. A., Mussi-dias, V. (2020) Effects of calcium silicate on the protection of *Brachiaria* seeds against *Sclerotium rolfsii*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 52: 1853-8665.
- Herrendorf, B., Schoellman, T. (2015). Why is measured productivity so low in agriculture? *Review of Economic Dynamics*, 18: 1003-1022.
- Maguire JD (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Melo, L. D. F. A., Melo Junior, J. L. A., Crisostomo, N. M. S., Berto, T. S., Ramos, M. G. C., Silva, L. G. (2020) Uso de agentes aderentes na peletização de sementes de milho crioulo com pó de rocha. *Revista Verde*, 15: 245-249.
- Mendonça E. A. F., Carvalho N. M., Ramos N. P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh2). *Brazilian Journal of Seeds*, 29: 68-79.
- Nascimento, W. M., Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Carmona, R. (2009) Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*, 27: 12-16.
- Oliveira, A. K. M., Ribeiro, J. W. F., Pereira, K. C. L., Silva, C. A. A. (2014) Germinação de sementes de paineira-do campo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. *Científica*, 42: 316–324.
- Pelisser, F., Gleize, P. J. P., Mikowski, A. (2009) “Propriedades nanomecânicas do silicato de cálcio hidratado de síntese”, *Ambiente Construído*, 9: 129-139.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ranum, P., Peña-rosas, J. P., Garcia-Casal, M. N. (2014) Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312: 105–112.
- Santos, L. D. C., Benett, C. G. S., Silva, K. S., Silva, L. V. (2011) Germinação de diferentes tipos de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. *Bioscience Journal*, 27: 420-426.
- Santos, Sérgio Roberto Garcia dos. (2016). Peletização de Sementes Florestais no Brasil: Uma Atualização. *Floresta e Ambiente*, 23: 286-294.
- Siddartha, H. V., D.K. Srivastava, P. K. Rai and B. M. Bara (2017). Effects of polymer seed coating and fungicide seed treatment on seedling characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum*) during storage J. *Pharmacognosy and Phytochemis*, 6: 752- 754.
- Silva F. W. A., Vieira H. D., Baroni D. F., Maitan M. Q., Acha A. J. (2017) Germination Performance of Campo Grande (*Stylosanthes*

- capitata/macrocephala*) Stylers Seeds Coated with Different Layers of Inert Material. *Journal of Experimental Agriculture International*, 18: 1-8.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998) Confecção e avaliação de péletes de sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 16: 151- 58.
- Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Nascimento, W. M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, 20: 67-70.
- Silveira, D. C., Bonetti, L. P., Tragnago, J. L., Neto, N., Monteiro, V. (2015) Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) na região noroeste do rio grande do sul. *Revista Ciência e Tecnologia*, 1: 01-11.
- Sousa, P. G. F. D., Vieira H. D., Amorim, M. M., Acha, A. J. (2016) Coating with fungicide and different doses of fertilizer in vinhatico seeds. *African Journal of Biotechnology* 15: 2091-2097.
- Tavares, L. C., Rufino, C. A., Dorr, C. S., Barros, A. C. S. A., Peske, S. T. (2012) Performance of lowland rice seeds coated with dolomitic limestone and aluminum silicate. *Revista Brasileira de Sementes*, 34, 202-211.
- Teodoro, A. L, Oliveira, M. V. M, Longo, M. L, Junior, J. R, Junior, F. M. V. J, Luz, DF (2011) Influência do revestimento de sementes e tratamento com inseticida no desenvolvimento e características nutricionais da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. *Revista Agrarian*, 4: 213–221
- Trogello E., Modolo A. J., Portes Álvaro F., Brusamarello A. P. (2013) Tamanhos e formatos de sementes não influenciam a germinação, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 19: 41-48.
- Tunes, L. V. M., Fonseca, D. A. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A., Villela, F. A. (2014) Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Revista Ceres*, 61: 675-685.
- Xavier P. B., Vieira H. D. (2018) Physiological Potential of Seeds of Perennial Soybean cv. Comum Coated with Different Materials. *American Journal of Plant Sciences*, 9:1-12.
- Xavier P. B., Vieira H. D., Guimarães C. P. (2015) Physiological potential of *Stylosanthes* cv. Campo Grande seeds coated with different materials. *Journal of Seed Science*, 37: 117-124.

## 6. TRABALHO 3

Avaliação sob diferentes rotações de trabalho de protótipo para aplicação de recobrimento de sementes

### RESUMO

O recobrimento de sementes é uma importante técnica que permite incorporar agentes biológicos, polímeros, produtos fitossanitários, hormônios, macro e micronutrientes que visam melhorar a padronização das características físicas de sementes sem comprometer germinação e vigor. Para se recobrir sementes são necessários equipamentos específicos denominados drageadoras. No entanto, muitos desses equipamentos não atendem satisfatoriamente o controle e precisão das variáveis envolvidas no processo de recobrimento como tempo de secagem e de pulverização de material cimentante, temperatura e rotação. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi utilizar um protótipo de equipamento para o recobrimento de sementes e avaliar diferentes níveis de rotação comparando-o a um equipamento industrial. Para o processo de recobrimento foram utilizadas sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5. As sementes foram recobertas com uma mistura de silicato de cálcio mais areia na proporção de 7:1 nos dois equipamentos (protótipo e industrial modelo N 10 *Newpack*®) em função de diferentes rotações (24, 5, 49, 73 e 98 rpm) e adicionando um tratamento controle



de sementes não recobertas. Foram realizados testes das qualidades físicas e fisiológicas das sementes. As diferentes rotações contribuíram para mudanças nas características físicas significativas em todos os níveis de rotações testados, no entanto, foram mais expressivas no intervalo de 50 a 80 rpm independente dos equipamentos testados. Após 73 rpm o protótipo mostrou-se mais eficaz para a secagem dos recobrimentos e em todos os níveis no protótipo a porcentagem de germinação foi maior e nos níveis de rotação de 24,5 e 98 rpm não diferiram do controle.

Palavra-chave: drageadora, silicato de cálcio, rotação, recobrimento.

### ABSTRAT

The coating of seeds is an important technique that allows the incorporation of biological agents, polymers, phytosanitary products, hormones, macro and micronutrients that aim to improve the standardization of the physical characteristics of seeds without compromising germination and vigor. To coat seeds, specific equipment called coating machines is needed. However, much of this equipment does not satisfactorily meet the control and precision of the variables involved in the coating process, such as drying time and pulverization of cementing material, temperature, and rotation. Thus, the objective of this work was to use prototype equipment for seed coating and to evaluate different levels of rotation comparing it to a piece of industrial equipment. The seeds were coated with a mixture of calcium silicate plus sand in a 7:1 ratio in both equipment (prototype and industrial model N 10 Newpack®) at different speeds (24.5, 49, 73, and 98 rpm) and control treatment of non-coated seeds was added. The physical and physiological qualities of the seeds were tested. The different speeds contributed to significant changes in physical characteristics at all levels of speed tested, however, they were more expressive in the range of 50 to 80 rpm regardless of the equipment tested. After 73 rpm the prototype proved to be more effective for drying the coatings and at all levels in the prototype the germination percentage was higher and at the rotation levels of 24.5 and 98 rpm they did not differ from the control.

Key-words: dragee, calcium silicate, rotation, coating.

## INTRODUÇÃO

O recobrimento de sementes é uma técnica que permite melhorar o manuseio e incorporar inúmeras tecnologias de beneficiamento como micronutrientes, promotores de germinação e de crescimento, além de proporcionar proteção aos danos mecânicos.

O setor privado controla a maior parte das tecnologias envolvidas nestes processos, sendo essas técnicas protegidas por patentes e preservadas pelo setor de pesquisa privado com poucos vínculos com o setor acadêmico científico por representarem um valor expressivo nas receitas dessas empresas, superando a quantia de 1 bilhão de dólares anuais (Pedrini et al., 2019).

A ideia de se recobrir sementes surgiu em 1868 com a primeira patente registrada. No entanto, somente a partir de 1940, com a visão futurista de Volgelsang, um dos primeiros defensores, a técnica começou a ser difundida e, em 1946, o próprio Volgelsang cria sua primeira companhia comercial formalizando a patente do processo de recobrimento de sementes de beterraba (Giménez-Sampaio e Sampaio, 2009).

Muito embora em 1946 o recobrimento de sementes já estivesse sendo executado em larga escala, os equipamentos naquele momento eram adaptações oriundas de outros nichos técnicos como o farmacêutico e o da construção civil. Eram equipamentos sem controles efetivos das variáveis envolvidas nas etapas de recobrimento e, entre esses equipamentos, os mais utilizados eram os de tambor rotativo, principalmente betoneiras adaptadas (Santos, 2016). Nesses tipos de equipamentos os materiais são colocados juntamente com as sementes e em seguida se pulveriza uma suspensão cimentante de material para agrupar as partículas por meio da agitação dos materiais em torno das sementes (Medeiros et al., 2003).

Atualmente há inúmeros equipamentos no mercado, no entanto, muitos não satisfazem às necessidades peculiares de centros de pesquisas, deixando a desejar principalmente para o controle efetivo das variáveis de operação, que são determinantes para um recobrimento de alta qualidade.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar um protótipo de drageadora de bancada para recobrimento de sementes em diferentes níveis de rotação, comparando-o com um equipamento convencional.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

Os experimentos foram realizados no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia pertencentes ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em Campos dos Goytacazes – RJ.

### Caracterização das sementes

Para a avaliação dos testes, foram utilizadas sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 adquiridas da empresa BRSEEDS®. Antes de se proceder com os recobrimentos, as sementes foram submetidas ao processo de escarificação química em ácido sulfúrico (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) 98% durante cinco minutos. Após a escarificação, as sementes foram lavadas em água corrente por três minutos e secas em temperatura ambiente por 24 horas sobre folhas de papel.

Após escarificadas, as sementes passaram por testes em laboratório, a fim de se determinar as qualidades físicas e fisiológicas. Foram avaliados de acordo com as Regras de Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009): peso de mil sementes PMS, teor de água (TA), teste de germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), e índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização física e fisiológica de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 escarificadas quimicamente em ácido sulfúrico (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) 98%

PMS	TA	GER	PCG	IVG
----- g -----	----- % -----	-----	-----	-----
9,59	13,98	68	57	11,48

### Avaliação do protótipo

A concepção do protótipo foi baseada em conceitos de máquinas agrícolas para produção de sementes recobertas existentes no mercado. O projeto do protótipo iniciou-se com o desdobramento de trabalhos realizados no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

## Ajustes das configurações de trabalho

Os ajustes das variáveis foram determinados em função das metodologias de trabalhos existentes para a drageadora de bancada, modelo N10 *Newpack*<sup>®</sup> (Xavier et al., 2015; Sousa et al., 2016; Silva et al., 2017; Acha et al., 2018; Baroni et al., 2020.).

Para se proceder com os recobrimentos no protótipo, primeiramente configuraram-se as variáveis temperatura, fluxo de ar, rotação e a inclinação do bojo em 45°, devido à inclinação fixa da drageadora convencional.

Verificaram-se as variáveis fluxo de ar e temperatura com o instrumento anemômetro/termômetro por um intervalo de 90 segundos. Esse intervalo de tempo foi utilizado devido à metodologia de secagem do recobrimento. Após as medições, o fluxo de ar foi estabelecido no protótipo em  $12 \text{ m.s}^{-1}$  em função do equipamento convencional por não possuir o controle do parâmetro.

A pressão do sistema de ar comprimido que pulveriza material ligante foi regulada para 4 bar e o sistema de secagem em 50 °C.

Após os ajustes das variáveis, foi utilizado o tacômetro digital para verificar as rotações nas duas drageadoras por um intervalo de três minutos. Esse tempo foi determinado em ensaios e verificou-se que era o tempo médio para se aplicar uma camada de material. Foi necessária essa calibração, devido à variação dos sinais de pulsos que as controladoras emitem ao motor e que podem diferir na rotação e induzir o operador ao erro.

## Materiais de enchimentos e ligante

Os materiais de enchimento e ligante utilizados nesse trabalho estão fundamentados em literaturas nos trabalhos de Xavier et al. (2015); Acha et al. (2016); Guimarães, (2016); e Silva et al. (2017), sendo a mistura de silicato e areia na proporção de 7:1, ou seja, 262,5 g de silicato de cálcio e 37,5 g de areia, totalizando 300 g de material de recobrimento.

Para facilitar a etapa de recobrimento, os materiais de enchimento foram divididos em porções de 12,5 g. A cada duas porções de material de enchimento resultaram em uma camada, ao término da etapa de recobrimentos foram contabilizadas 12 camadas.

Para utilizar areia nos recobrimentos, foi necessário peneirar em malha de 0,25 mm para adquirir granulometria fina e, diferentemente da areia, o silicato não

necessita de um prévio beneficiamento, pois possui granulometria fina.

Utilizou-se como material aglutinante cola cascorez extra à base de polivinila (PVA). A cola foi diluída em água aquecida a 70 °C na proporção 1:1 (v/v). O aquecimento da água foi necessário para que não ocorresse a formação de pelotas de cola e proporcionasse maior uniformidade à solução aglutinante.

### Tratamentos

Para testar a eficiência de rotação do protótipo, foram estabelecidos intervalos em função da máxima rotação de trabalho do equipamento industrial N10 da *Newpack*<sup>®</sup>. Essa rotação foi determinada utilizando-se um tacômetro digital óptico a laser modelo Dt2234.

Para efeito de comparação, os tratamentos foram ajustados em intervalos de rotação de 24,5; 49; 73,5 e 98 rpm nos dois equipamentos, o protótipo (M1) e N10 da *Newpack*<sup>®</sup> (M2).

A rotação mínima utilizada neste trabalho foi determinada em testes preliminares. Nos testes, foram observadas que em rotações inferiores a 24 rpm, as camadas de recobrimento não aderiram nas sementes, sendo formada uma massa. E a rotação máxima foi determinada em função da rotação do equipamento convencional.

### Recobrimento das sementes

Os recobrimentos foram realizados com quatro repetições de 100 g de sementes escarificadas. As 100 g de sementes foram colocadas no bojo da drageadora e, em seguida, colocou-se uma porção de material de enchimento 12,5 g, acionou-se o sistema que pulveriza material ligante por três segundos. Após esse tempo, foi colocada mais uma porção de material ao sistema que asperge material aglutinante e foi novamente acionado o sistema por mais três segundos. Ao término, o sistema de secagem foi acionado por 90 segundos. Esse procedimento resultou na composição de uma camada e foi repetido até que as sementes tivessem 12 camadas de recobrimentos. A metodologia de recobrimento das sementes foi estabelecida conforme os trabalhos de Xavier et al. (2015), Acha et al. (2016), Silva et al. (2017), Acha et al. (2018), Guimarães et al. (2020).

## Características avaliadas

Foram avaliados o teor de água (TA), o diâmetro máximo (DMA), o diâmetro mínimo (DMI), circularidade (CIR), área das sementes (ARS) e o peso de mil sementes (PMS) enquanto as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de germinação (G) em papel, primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais (PA) e sementes não germinadas (SNG). Todas as características foram avaliadas conforme as Regras de Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009).

### Teor de água (TA)

Foi determinado pelo método da estufa a  $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas seguindo as recomendações descritas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com duas repetições de  $4,5 \pm 0,5$  g cada e os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

### Peso de mil sementes (PMS)

Utilizaram-se oito repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em peso médio de mil sementes em gramas (Brasil, 2009).

### Diâmetro máximo (DMA), Diâmetro mínimo (DMI) e Circularidade (CIR)

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento de recobrimento. As sementes foram analisadas pelo equipamento *GroundEye*<sup>®</sup> sistema de análise por *software*, o qual forneceu o maior e o menor diâmetro (DMA e DMI) expressos em mm e a circularidade (CIR) sendo adimensional, com variação de 0 a 1, sendo 1 um carácter mais circular.

### Teste de germinação (GER)

Foi realizado em laboratório, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de cinquenta sementes. Foi utilizado substrato entre papel contendo duas folhas de papel germiteste, previamente umedecidas com água equivalente a 2,5 vezes o seu peso. Os rolos de papel foram dispostos em

germinadoras reguladas em temperatura alternada de 20 - 35 °C e fotoperíodo, com 16 horas de escuro na menor temperatura e oito horas de luz na maior temperatura.

As avaliações foram realizadas nos 7<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dias (1<sup>a</sup> contagem e contagem final do teste de germinação, respectivamente), computando-se o número de plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas, de acordo com os critérios estabelecidos na RAS (Brasil, 2009), sendo os resultados expressos em percentagem.

Foram realizadas contagens diárias para calcular o índice de velocidade de germinação (IVG), de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1, G2, Gn= número de sementes germinadas na primeira, segunda até a última contagem;

N1, N2, Nn= número de dias após a sementeira à primeira, segunda até a última contagem.

#### Análise estatística

Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 2 x 4 + 1, sendo dois equipamentos de recobrimento (protótipo e equipamento industrial), quatro níveis de rotação (24,5, 49, 73 e 98 rpm) e um controle de sementes sem recobrimento. Os testes foram conduzidos em laboratório, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento.

Após a coleta dos dados, as variáveis foram submetidas aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificar adequabilidade aos pressupostos da análise de variância, normalidade e homocedasticidade. Segundo análise de normalidade e homocedasticidade foi necessário realizar as transformações das variáveis diâmetro mínimo e máximo. Foram utilizadas as transformações  $\sqrt{x}$  e  $1/x$ . No entanto, os valores apresentados são os originais. As demais variáveis

apresentaram normalidade e homocedasticidade sendo desnecessárias as transformações.

Após a adequabilidade dos pressupostos, as variáveis foram submetidas à análise de variância, considerando o tratamento adicional e foi realizado o estudo para o fator quantitativo por meio da regressão.

Foram aplicados os testes de Tukey para os desdobramentos das interações e Dunnett para verificar contrastes entre o controle e os tratamentos do fatorial, quando as interações foram significativas. As análises foram realizadas em nível 5 % ( $P < 0,05$ ) de probabilidade de significância com auxílio do *software* estatístico R (R *Development Core Team*, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância revelaram efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) para interação na maioria das variáveis avaliadas, apenas para primeira contagem de germinação (PCG) e plântulas anormais (PA), o efeito da interação não se mostrou significativo, houve somente a influência do efeito isolado do fator rotação na variável PCG (Tabela 2).



Tabela 2. Análise de variância e coeficiente de variação (CV) para as variáveis porcentagem de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG), teor de água (TA), sementes não germinadas (SNG), plântulas anormais (PA), área das sementes (ARS), circularidade (CIR), diâmetro máximo (DMA) e diâmetro mínimo (DMI).

FV	PMS (g)	IVG	GER	PCG	TA	SNG	PA	ARS	CIR	DMA	DMI
			----- (%) -----						----- (mm <sup>2</sup> ) -----		
Equipamentos	12,07*	5,59*	57,02*	2,76 <sup>NS</sup>	15,14*	48,44*	0,66 <sup>NS</sup>	7,41*	0,15 <sup>NS</sup>	6,72*	3,09*
Rotação	72,88*	4,7*	39,69*	98,40*	113,22*	31,77*	0,37 <sup>NS</sup>	24,94*	10,06*	8,34*	19,62*
Interação	98,58*	14,86*	3,81*	0,82 <sup>NS</sup>	16,24*	3,87*	1,17 <sup>NS</sup>	98,0*	106,81*	10,0*	73,38*
Contr. x fatorial	226,45*	120,85*	79,83*	69,03*	1079,3*	60,68*	0,43 <sup>NS</sup>	183,15*	185,83*	29,83*	94,26*
CV%	8,92	19,24	4,25	14,59	17,97	6,12	94,7	8,95	8,97	8,26	9,71

\*dados significativos, P ≤ 0,05 de probabilidade; ns não significativo.

Os valores do peso de mil sementes (PMS) para regressões dos equipamentos protótipo (M1) e do convencional (M2) seguiram ajustes quadrático com pontos de máximo (21,1 g) e (19,96 g) obtidos com (67,33 rpm) e (60 rpm) rotações, respectivamente (Figura 2). Ao analisar as curvas referentes aos dois equipamentos, verificou-se que em menores rotações o equipamento protótipo assume valores de PMS inferiores aos do equipamento industrial, sendo que a partir de 61,01 rpm no ponto de equilíbrio, onde as curvas se igualam à curva referente aos valores do equipamento protótipo (M1), assumem valores superiores aos do equipamento industrial (M2) (Figura 1).

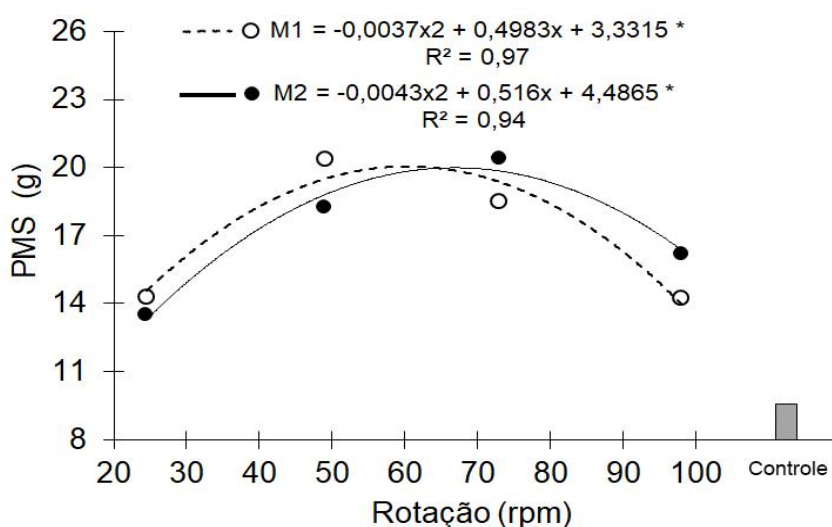


Figura 1. Análise de regressão para peso de mil sementes (PMS) de sementes *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 em diferentes velocidades de rotação (rpm). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

O aumento do PMS, após o ponto de equilíbrio entre as curvas, pode estar relacionado ao teor de água (TA) que os recobrimentos adquirem no decorrer do processo de recobrimento com a adição de material cimentante e perdem durante a secagem.

A secagem malsucedida resulta em acúmulo de TA e, conseqüentemente, ao desprendimento do material de enchimento, ao passo que ocorre o aumento da rotação e, conseqüentemente, maior agitação das partículas, esse comportamento fica mais evidente ao analisar o desdobramento do fator equipamento dentro do fator rotação. Nas rotações 73 e 98 rpm observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os equipamentos M1 e M2, apontando níveis mais elevados de TA de 6,7 e 8,55 % e PMS menores (18,52 e 14,25 g) e para M2 (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação de peso de mil sementes (PMS) e teor de água (TA) de sementes recobertas em diferentes rotações

Rotação	PMS (g)		TA (%)	
	M1	M2	M1	M2
R1 - 24,5	13.49* a	14.28* a	9.13* a	8.74* a
R2 - 49,0	18.23* b	20.35* a	5.94* a	5.51* a
R3 - 73,0	20.41* a	18.52* b	5.47* b	6.70* a
R4 - 98,0	16.19* a	14.25* b	6.78* b	8.55* a
Controle	9,59		13,98	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey  $P \leq 0,05$  de probabilidade; \* Difere da média do tratamento adicional pelo teste Dunnett a  $P \leq 0,05$  de probabilidade.

A perda e acúmulo de TA durante o processo de recobrimento ficam evidenciados no modelo de regressão polinomial quadrático ao qual a variável se ajustou, ocorre um declínio de TA para o protótipo (M1) e convencional (M2) com pontos mínimos de 68,47 e 60,47 rpm, respectivamente. No entanto, em M2 ocorre aumento relativamente superior ao de M1 após a rotação de 50 rpm (Figura 3). O comportamento do TA durante o processo de recobrimento nos equipamentos M1 e M2, após os pontos mínimos, resulta no aumento gradativo para as duas curvas, sendo mais acentuada para M2. Na velocidade 98 rpm os teores de água (TA) foram 6,78 % no protótipo (M1) e 8,55 % no equipamento convencional (M2) (tabela 3), que representa uma diminuição de 51,5% (M1) e 38,84 % (M2) em relação ao controle (13,98 %), o menor acúmulo do TA em M1 foi determinante para a formação das camadas de recobrimento após o ponto mínimo.

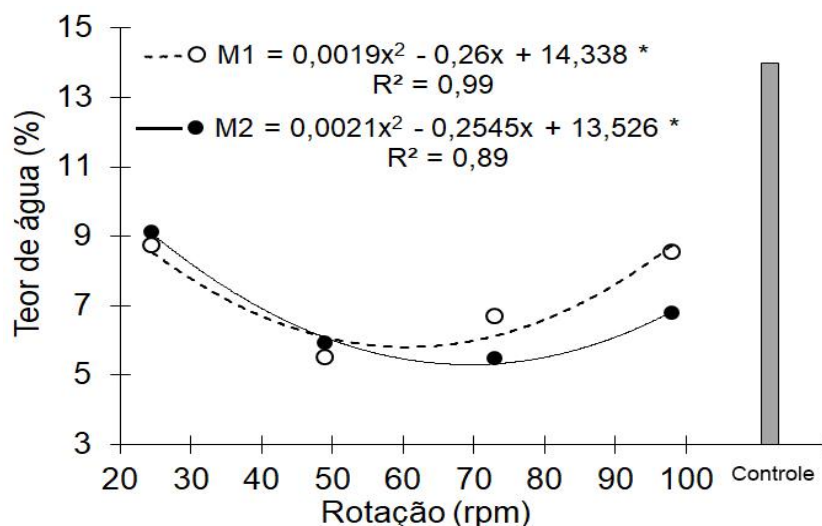


Figura 3. Análise de regressão para teor de água (TA) de sementes *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 em diferentes velocidades de rotação (rpm). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Sousa et al. (2016), no estudo com sementes de vinhático recobertas no equipamento da *Newpack* modelo N 10, observaram incrementos de até 49,9% no PMS e variação de 7,09 a 8,69% no TA em relação ao controle (10,72%), na velocidade de rotação de 40 rpm. Esses resultados apontam que há uma faixa de rotação de trabalho que ocorre maior perda de TA que beneficia a formação das camadas de recobrimentos aumentando o PMS.

Maiores níveis de TA no decorrer do processo de recobrimento é um condicionante limitante para a formação das camadas de recobrimento. Segundo Rocha et al. (2009), existem associações de diversos fatores que ocorrem durante o processo de recobrimento, dentre eles a evaporação do solvente (líquido ligante) que estão ligadas às condições ótimas das variáveis velocidade de agitação das partículas, temperatura e umidade do ar.

Certamente, a diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre os equipamentos para as respectivas rotações estão diretamente relacionadas à velocidade de agitação das partículas e à maior precisão nos controles de secagem do equipamento M1. O controle da intensidade de corrente proporciona ao operador maior ajuste fino da temperatura e evita aumentos abruptos na temperatura que podem acarretar injúrias nas sementes além de permitir uma secagem mais uniforme.

De acordo com Gomes et al. (2011), o peso de mil sementes é fundamental para os processos de produção, devido, principalmente, ao procedimento de

semeadura bem como na qualidade além de ser um dos componentes da produção final de sementes.

Na Tabela 4, para as características físicas, diâmetro máximo (DMA) e diâmetro mínimo (DMI), foram observadas diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre os equipamentos M1 e M2 em todos os níveis de rotações, também foram constatadas diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Dunnett entre as médias de cada nível de rotação versus tratamento controle, apenas na variável DMA a 98 rpm, e em M2 não houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ).

Tabela 4. Desdobramento da interação do diâmetro máximo (DMA) e diâmetro mínimo (DMI) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2)

Rotação	DMA		DMI	
	(mm)			
	M1	M2	M1	M2
R1 - 24,5	5,51 b	5,44 a	2,57* b	2,68* a
R2 - 49,0	5,73* b	5,86* a	2,81* a	2,75* b
R3 - 73,0	5,71*b	5,79* a	2,78* b	3,21* a
R4 - 98,0	5,69*a	5,52 a	2,86* b	3,23*a
Controle	5,34		2,33	

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey  $P \leq 0,05$  de probabilidade; \* Difere da média do tratamento controle pelo teste Dunnett a  $P \leq 0,05$  de probabilidade

As análises de regressão dos dados permitiram o ajuste de equação polinomial com tendência quadrática para o diâmetro máximo (DMA), apresentando ponto máximo de 5,78 e 5,70 mm em 57,33 e 55,5 rpm no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2), respectivamente (Figura 4). Foi observado que na medida em que ocorre o aumento da rotação em ambos os equipamentos (M1 e M2) até o ponto máximo da equação do DMA, as características das sementes são substancialmente alteradas, conforme visualizado na Figura 4 quando comparado ao controle (sementes não recobertas) e pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ) na Tabela 4.

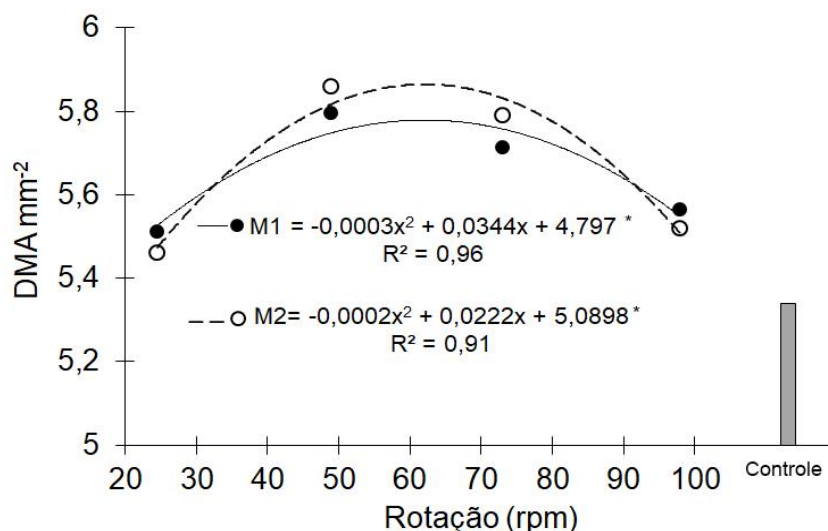


Figura 4. Análise de regressão diâmetro máximo (DMA) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para o diâmetro mínimo (DMI), o melhor ajuste da equação de regressão foi linear, com acréscimos de 0,0086 no protótipo (M1) e 0,0034 no equipamento convencional (M2) por unidade de rotação (Figura 5). Ao comparar com o controle (2,33), foi observado aumento significativo em todos os níveis de rotação nos diferentes equipamentos M1 e M2 pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 4).

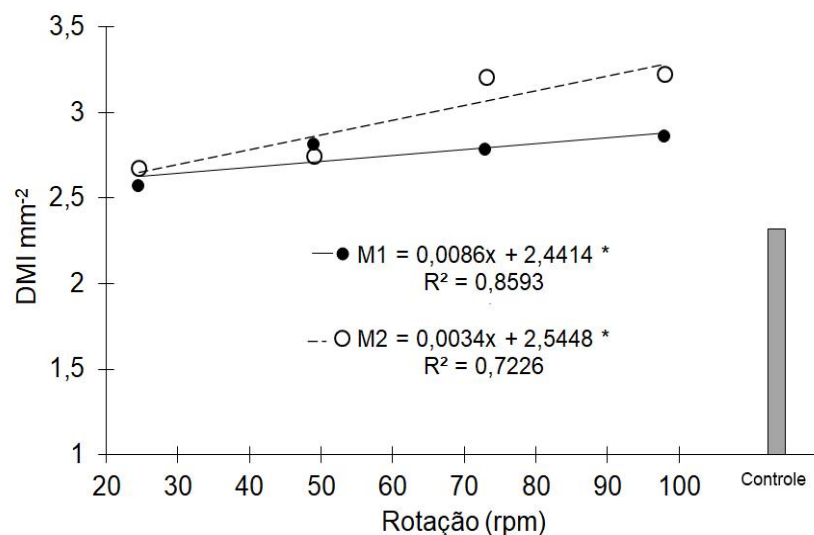


Figura 5. Análise de regressão diâmetro mínimo (DMI) e diâmetro mínimo (DMI) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Assim como na característica DMA, os dados referentes à área das sementes (ARS) seguiram tendência quadrática (Figura 6). Esse comportamento já era esperado, uma vez que à medida que ocorre o aumento da referida característica (DMA), conseqüentemente, as sementes adquirem maiores tamanhos que resultam em maiores áreas.

Ao analisar a Tabela 5, foi verificado que a maioria das médias de ARS nos diferentes equipamentos (M1 e M2) apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), somente a 24,5 rpm não houve diferença significativa. Ao comparar com o controle, todos os valores diferiram pelo teste de Dunnett ( $P \leq 0,05$ ). Esses resultados apontam que ocorrem aumento nas áreas das sementes submetidas a 73 rpm no protótipo e equipamento convencional (M1 e M2) na ordem de 42,1 e 44,5% em relação às sementes não recobertas (controle).

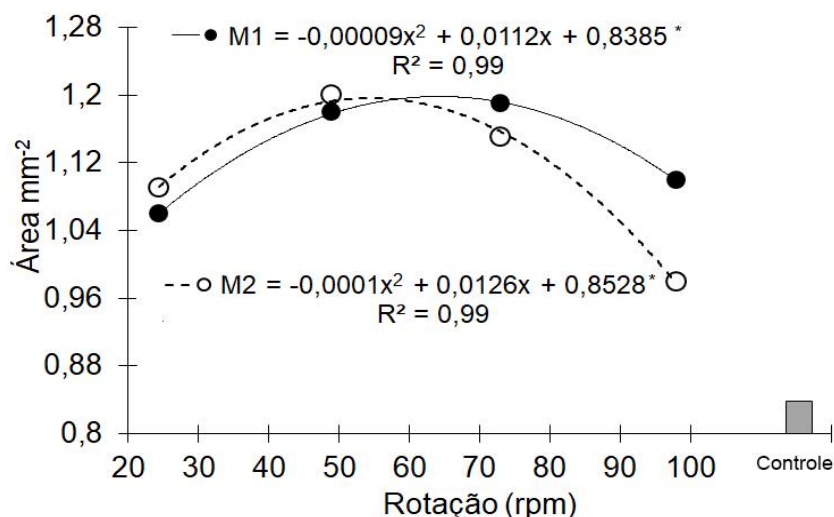


Figura 6. Análise de regressão para área das sementes (ARS) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 7, os resultados da variável circularidade (CIR) seguiram ajuste polinomial quadrático nos dois equipamentos (M1 e M2). O aumento nos valores da circularidade se deu até os pontos máximos de 56,25 e 53,75 rpm, logo após esses pontos ocorre o declínio nos valores, apesar de ocorrer redução na característica, os valores ainda são relativamente superiores aos do controle (0,37), e essa diferença fica evidenciada pelas diferenças significativas pelo teste Dunnett ( $P \leq 0,05$ ). Os incrementos na característica (CIR) podem até parecer irrisórios, no entanto, é significativo para que as sementes assumam formas mais homogêneas.

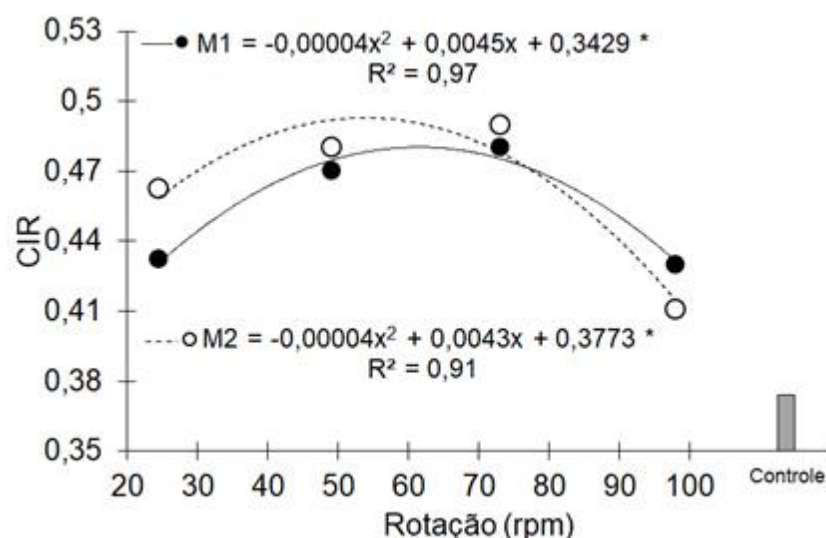


Figura 7. Análise de regressão para circularidade (CIR) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

É de suma importância entender que, para a referida característica (CIR), os valores pertencem ao intervalo de 0 a 1, sendo 0 uma forma que não apresenta circularidade e 1 com circularidade. Certamente, como no PMS, o maior TA contribuiu para o desprendimento de material e para o decréscimo acentuado da CIR em função da rotação, atingindo mínima de 0,41 na velocidade de 98 rpm em M2 (Tabela 5).

De acordo com Pedrini et al. (2017), as mudanças nas características físicas são influenciadas pelo atrito das sementes quando caem umas sobre as outras, o atrito causado atua diretamente na suavização da superfície externa do recobrimento, tornando-o mais uniforme. Esse efeito é rotineiramente observado em equipamentos que utilizam sistemas rotativos (bojo) que permitem a agitação de partículas, como drageadoras e misturadores de cimentos.

Na utilização desses equipamentos com sistemas rotativos com bojos relativamente pequenos, menores que 10 litros, ocorre o aumento gradual do teor de água (TA) proporcional à aplicação de material ligante pulverizado (Neto et al., 2014). Sampaio (1992) recomenda adicionar sistemas insufladores de ar aquecido durante o processo de recobrimento para um controle efetivo do TA.

Dessa forma, por meio das análises resultantes de todas as características físicas submetidas ao protótipo, constatou-se regularidade na composição dos recobrimentos em diferentes rotações.



Tabela 5. Desdobramento da interação da área das sementes (ARS) e circularidade (CIR) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2)

Rotação	ARS mm <sup>2</sup>		CIR -	
	M1	M2	M1	M2
R1 - 24,5	1,06* a	1,09* a	0,43* b	0,46* a
R2 - 49,0	1,18* a	1,20* b	0,47* a	0,48* a
R3 - 73,0	1,19* a	1,15* b	0,48* a	0,49* a
R4 - 98,0	1,02* a	0,98* b	0,43* a	0,41* b
Controle	0,83		0,37	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey  $P \leq 0,05$  de probabilidade; \* Difere da média do tratamento controle pelo teste Dunnett a  $P \leq 0,05$  de probabilidade

Ao analisar a Figura 8, observa-se que os resultados da porcentagem de germinação (GER) dos equipamentos M1 e M2 se enquadraram no modelo polinomial quadrático, com pontos mínimos de 63,93 e 63,24 rpm, respectivamente. Mesmo sendo próximos numericamente, os valores dos pontos mínimos resultam em porcentagem de germinação de 54,67 e 46,27 % em M1 e M2, apontando valores relativamente inferiores de GER em M2 em relação a M1. As médias das GER de M1 e M2 em função das rotações podem ser observadas na Tabela 6, e em todas as rotações houve diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) com destaque para as médias de M1. Ao comparar as médias com o tratamento controle pelo teste de Dunnett ocorreram diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) para a maiorias das médias, somente M1 nas rotações 24,5 e 98 rpm não diferiu do controle, apontando que o recobrimento se mostrou eficaz para a manutenção das características fisiológicas.

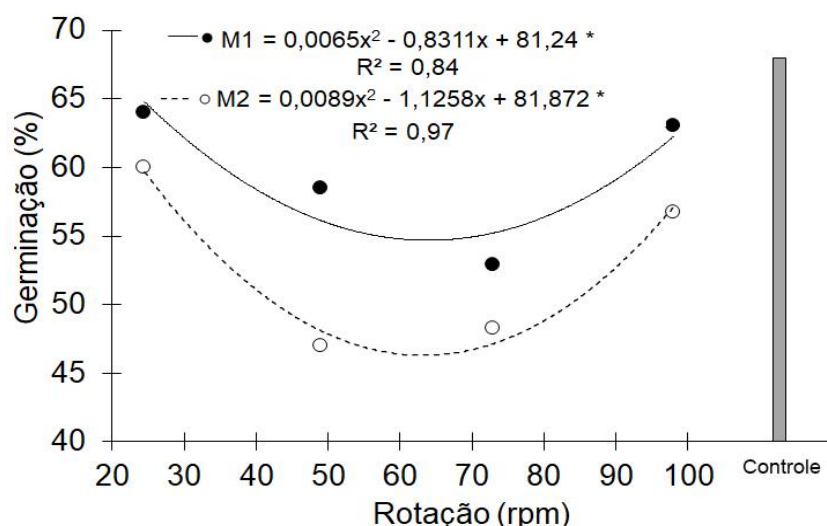


Figura 8. Análise de regressão para porcentagem de germinação (GER) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Assim como na variável GER, as alterações das características físicas em função das diferentes rotações contribuíram para a diminuição significativa ( $P \leq 0,05$ ) das médias em relação ao tratamento controle do índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem de germinação (PCG) (Tabela 6). Ainda na Tabela 6, para PCG nas velocidades 24,5 e 98 rpm nos dois equipamentos (M1 e M2) as médias não diferiram do controle.

Tabela 6. Desdobramento da interação de índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (GER) e primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2)

Rotação	IVG		GER (%)		PCG	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
R1 - 24,5	8,94* a	6,92* b	64 a	60* b	54,5 a	53,75 a
R2 - 49,0	5,92* a	5,40* a	58,5* a	47* b	44* a	38,5* a
R3 - 73,0	5,83* b	6,29* a	52,8* a	48,25* b	37* a	46* a
R4 - 98,0	7,96* a	7,38* a	63 a	56,75* b	53,5 a	55 a
Controle	11,48		68		57,5	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey  $P \leq 0,05$  de probabilidade; \* Difere da média do tratamento controle pelo teste Dunnett a  $P \leq 0,05$  de probabilidade

Na figura 9, observam-se as regressões do IVG referentes aos dois equipamentos (M1 e M2), os dados ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático com pontos mínimos 65,26 e 66,27 rpm, respectivamente.

O decréscimo da IVG, GER e PCG nos dois equipamentos (M1 e M2), certamente estão relacionados às mudanças nas características físicas, decerto, o aumento da espessura do revestimento que resultou em maior barreira física que reduz a lixiviação de inibidores e restringe o movimento do oxigênio, reduzindo a respiração do embrião. De acordo com Trentini et al. (2005) e Evangelista et al. (2007), a escolha do material de revestimento, bem como as características do tegumento de cada espécie podem exercer efeitos deletérios na viabilidade de sementes. O revestimento representa uma grande barreira para as trocas gasosas entre sementes e o meio (Caldeira et al., 2016).

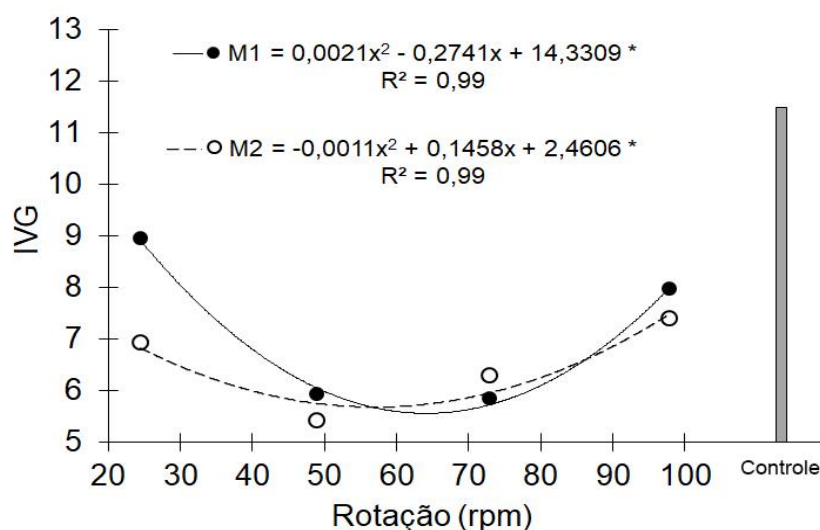


Figura 9. Análise de regressão para índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2). \* ajuste da equação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 7, para as variáveis sementes não germinadas (SNG) e plântulas anormais (PA), observa-se efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) nas porcentagens de SNG em relação ao controle, ocorreram aumentos expressivos de até 60,3 %, como observado em M2 a 73 rpm. Em relação ao equipamento M1, as médias diferiram de M1 no mesmo nível de rotação, e os valores foram relativamente inferiores.

Segundo Silva et al. (2018), o recobrimento modifica a permeabilidade tegumento e, conseqüentemente, afeta a passagem de água do meio para as sementes, resultando em atrasos na germinação e comprometendo o estande de plântulas normais quando comparados ao controle, apenas em M1 a 24,5 rpm não houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) ao do tratamento controle.

Tabela 7. Desdobramento da interação de sementes não germinadas (SNG) e plântulas anormais (PA) de sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar MG-5 recobertas em diferentes rotações no protótipo (M1) e equipamento convencional (M2)

Rotação	SNG		PA	
	------(%)-----			
	M1	M2	M1	M2
R1 - 24,5	33,62 b	37,87* a	2,37 a	2,12 a
R2 - 49,0	38,5* b	51* a	3 a	2 a
R3 - 73,0	44,87* b	49,5* a	2,25 a	2,25 a
R4 - 98,0	34,62* b	40,5* a	2,37 a	2,75 a
Controle	29,87		3,12	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey  $P \leq 0,05$  de probabilidade; \* Difere da média do tratamento controle pelo teste Dunnett a  $P \leq 0,05$  de probabilidade.

É de extrema relevância entender que, além das características inerentes das sementes, as propriedades físicas do material utilizado para o recobrimento influenciam na formação das camadas. O silicato de cálcio utilizado como material de enchimento possui afinidade com água. Segundo Taylor (1998), o silicato de cálcio é um composto nanoporoso com altíssima área superficial. Segundo Scott (1989), na medida em que as partículas sólidas vão se agregando em torno das sementes forma-se um núcleo compacto fortemente influenciado pelos agentes cimentantes. Assim, o aumento da rotação pode comprometer a integridade do recobrimento, visto que ocorre o aumento em mesma intensidade de choque entre as partículas.

## CONCLUSÃO

O equipamento protótipo mostrou-se eficaz para se recobrir sementes em diferentes rotações.

O equipamento industrial, apesar de ter sido desenvolvido para trabalhos laboratoriais, apresenta deficiências de regulação, principalmente para o parâmetro temperatura, pois ocorrem picos abruptos que podem comprometer a viabilidade das sementes ou induzir as sementes à dormência. O efeito desses picos de temperatura pode ter sido determinante para valores de porcentagem de germinação inferiores ao do protótipo.

As diferentes rotações contribuíram para mudanças nas características físicas significativas em todos os níveis de rotações testados, no entanto, foram mais expressivas no intervalo de 50 a 80 rpm, independente dos equipamentos testados. Após 73 rpm o protótipo mostrou-se mais eficaz para a secagem dos recobrimentos e em todos os níveis de rotação no protótipo, a porcentagem de germinação foi maior que no equipamento industrial e nos níveis de rotação de 24,5 e 98 rpm não diferiram do controle.

## REFERÊNCIAS

- Acha, A. J., Vieira, H. D., Souza, C. L. M., Silva, F. W. A. (2018) Methodology of applying different doses of boron and zinc in the coating of perennial soybean seeds. *Journal of experimental agriculture international*, 26: 1-9.
- Acha, A. J; Vieira, H. D., Freitas, M. S. M. (2016) Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15: 1998-2005.
- Brasil. (2009) Ministério da Agricultura. Regras para Análises de Sementes. Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV, p. 395.
- Caldeira C., Carvalho M., Guimarães R., Coelho S. (2016) Quality of tobacco seeds during the pelletizing and storage process. *Rural Science*, 4: 216-220.
- Evangelista, J. R. E., Oliveira, J. A., Botelho, F. J. E., Oliveira, R. M. E., Pereira, C. E. (2007) Desempenho de sementes de soja peliculizadas em solo com diferentes teores de água. *Ciência e Agrotecnologia*, 4: 994-999.

- Giménez-Sampaio T., Sampaio N. V. (2009) *Recobrimento de sementes de hortaliças*. In: Nascimento W. M. *Tecnologia de sementes de hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 275-306.
- Gomes, P. S. C. F., Franke, L. B., Lopes, R. R. (2011). Florescimento e produção de sementes de *Lotus subbiflorus* Lag. cv. El Rincón. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40: 64-971.
- Guimarães, (2016) *Recobrimento de sementes de Brachiaria brizantha com silicato de cálcio* – Tese de doutorado - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 137p.
- Maguire, J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176-177.
- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Eicholz, E. D. (2004) Modificações na condição física das sementes de cenoura em equipamento de recobrimento. *Revista Brasileira de Sementes*, 24: 70-75.
- Neto, J. J. S., Almeida, F. A. C., Queiroga, V. P. Gonçalves, C. C. (2014). *Sementes estudos tecnológicos*. Aracaju: Brasil. Edifs, p. 285.
- Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., Dixon, K. (2017). Seed Coating: Science or Marketing Spin? *Trends in Plant Science*, 22: 106-116.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rocha, S. C. S.; Taranto, O. P., Moris, V. A. S. (2009) Recobrimento de partículas em leite de jorro e fluidizado. In: Freire, J. T.; Silveira, A. M. *Fenômenos de transporte em sistemas particulados: fundamentos e aplicações*. São Carlos: Suprema, p. 131-163.
- Sampaio, T. M. G. (1992) *Pré-acondicionamiento osmótico y recubrimiento de semillas de pimienta (Capsicum annum, L.)*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Madrid - Universidad Politécnica de Madrid - UPM, 278p.
- Santos, S. R. G. (2016) Peletização de Sementes Florestais no Brasil: Uma Atualização. *Floresta e Ambiente*, 23: 286-294.
- Scott, J. M. (1989) Seed Coatings and Treatments and Their Effects on Plant Establishment. *Advances in Agronomy*, 42: 43-83.
- Silva, F. W. A., Vieira, H. D., Baroni, D. F., Maitan, M. Q., Acha, A. J. (2017) Germination Performance of Campo Grande (*Stylosanthes capitata / macrocephala*) Stylers Seeds Coated with Different Layers of Inert Material. *American Journal of Experimental Agriculture*, 18: 1-8.

- Silva, M., Almeida, R. C., Assis, F., Adelino, B., Neto, F., Gomes, P. (2018). Performance of coated Peanuts seeds during storage. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19: 1-9.
- Sousa, P. G. F. D., Vieira, H. D., Amorim, M. M., Acha, A. J. (2016) Coating with fungicide and different doses of fertilizer in vinhatico seeds. *African Journal of Biotechnology*, 15: 2091-2097.
- Taylor, A. G.; Allen, P. S.; Bennet, M. A.; Bradford, K. J.; Burriss, J. S., Misra, M. K. (1998) Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8: 245-256.
- Trentini, P., Vieira, M. G. G. C., Carvalho, M. L. M., Oliveira, J. A., Machado, J. C. (2005) Peliculização: desempenho de sementes de soja no estabelecimento da cultura em campo na região de Alto Garças, MT. *Ciência e Agrotecnologia*, 29: 84-92.
- Xavier, P. B., Vieira, H. D., e Guimarães, C. P. (2015) Physiological potential of stylosanthes cv. Campo Grande seeds coated with different materials. *Journal of Seed Science*, 37: 117-124.

## 7. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho objetivou-se desenvolver um protótipo para o recobrimento de sementes e compará-lo a uma drageadora de bancada modelo N10 *Newpack*<sup>®</sup> de pequeno porte.

Para as comparações foram realizados testes preliminares e três experimentos. No primeiro experimento foi realizado o desenvolvimento teórico e prático do protótipo e, após testes preliminares, foram realizadas comparações do protótipo com um equipamento industrial submetido às diferentes temperaturas de secagem (40, 50, 60 e 70 °C). Inicialmente eram cinco níveis de temperatura, no entanto, o primeiro nível de 30 °C não formou camadas nas sementes. As comparações entre diferentes níveis de temperaturas entre os equipamentos (M1 e M2) possibilitaram observar que as secagens de sementes de milho híbrido UENF 506 -11 recobertas com calcário dolomítico no protótipo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C foi mais eficiente, visto que para o teor de água foram menores. Para as demais variáveis materiais aderidos nas sementes, material não aderidos e eficiência do recobrimento não foram influenciadas pelos diferentes equipamentos, sendo essas características influenciadas pela temperatura. No entanto, o resíduo de teor de água presente nas sementes recobertas no equipamento industrial resultou em menores percentuais de germinação e índice de velocidade de germinação nas temperaturas de 40 e 50 °C. Em níveis mais elevados de temperatura (60 e 70 °C), nos dois equipamentos acabou comprometendo tais variáveis.



No segundo experimento, as sementes de milho híbrido foram recobertas com dois materiais de enchimento (calcário dolomítico e silicato de cálcio) em diferentes camadas de recobrimento (6, 8, 10, 12 e 14). Para se recobrir as sementes utilizou-se o protótipo de recobrimento de sementes. Os testes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em laboratório e em blocos ao acaso (DBC), em casa de vegetação. Os resultados indicaram alterações significativas nas características físicas resultando em uma maior uniformidade nas formas e tamanho. No entanto, as sementes recobertas com seis e oito camadas de recobrimentos seriam mais indicadas para o plantio, visto que as sementes com 10, 12 e 14 camadas adquiriram ao término do processo de recobrimento, características incompatíveis para o semeio com placas ou discos com furações comerciais. Ocorreram decréscimos nas características fisiológicas nos cinco níveis testados nas porcentagens finais de germinação (GER) e emergência (EME), sendo mais acentuados nos níveis de 10, 12 e 14 camadas recobertas com calcário dolomítico e ocorreu aumento expressivo de plântulas anormais de até 1190% de plântulas anormais ao nível de 12 camadas de recobrimento.

No terceiro experimento, avaliou-se o protótipo sob diferentes rotações de trabalhos com um equipamento industrial modelo N 10 *Newpack*<sup>®</sup>. As sementes foram recobertas com uma mistura de silicato de cálcio mais areia na proporção de 7:1 nos dois equipamentos nas rotações de 24,5, 49, 73 e 98 rpm. Os dados permitiram concluir para esse trabalho que as rotações contribuíram para mudanças nas características físicas que afetaram diretamente as características fisiológicas. No entanto, foram mais expressivas no intervalo de 50 a 80 rpm, independente dos equipamentos testados. Após 73 rpm, o protótipo mostrou-se mais eficaz para a secagem dos recobrimentos e em todos os níveis de rotação no protótipo, a porcentagem de germinação foi maior que no equipamento industrial e nos níveis de rotação de 24,5 e 98 rpm não diferiram do controle.

O equipamento protótipo, em todos os experimentos a que foi submetido, apresentou boa performance para o recobrimento de sementes. O equipamento industrial, apesar de ter sido desenvolvido para trabalhos laboratoriais, apresenta deficiências de regulagem. Todos os recobrimentos que foram realizados no protótipo apresentaram excelentes qualidades visuais, camadas uniformes e com raríssimas sementes sem recobrimento ao término da etapa de recobrimento, quando submetidos a 8, 10, 12 e 14 camadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha A. J, Vieira H. D, Souza C. L. M., Silva F. W. A. (2018) Methodology of applying different doses of boron and zinc in the coating of perennial soybean seeds. *Journal of experimental agriculture international*, 26:1-9.
- Acha A. J, Vieira H. D. (2020) Digital image processing of coated perennial-soybean seeds and correlation with physiological attributes. *Journal of Seed Science*, 42.
- Acha, A. J, Vieira HD e Freitas, M. S. M. (2016) Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15:1998-2005.
- Acha, A. J., Vieira, H. D., Freitas, M. S. M. (2016) Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15:1998-2005.
- Alexandrino, E., Vaz, R. G. M. V., Santos, A. C. (2010) Características da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, 26:886-893.
- Almeida N. O. (2004) Implantação de matas ciliares por plantio direto utilizando-se sementes peletizadas. Tese (Doutorado) Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras-UFLA, 269p.
- Amaral, D. Dalpasquale, V. A. (2000) Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 20:55-66.
- Anada-Palmu, P.S., Proença, P.S.P., Trani, P.E., Passos, F.A., Grosso, C.R.F. (2005) Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. *Bragantia*, 64:291-297.

- Balbino L. C., Bungenstab D. J., Kichel A. N., Almeida R. G, Araujo R. A. (2014) "Sistemas de integração – A produção Sustentável ". Embrapa – Gado de Corte.
- Baroni, D. F. Vieira, H. D., Silva, F. W. A., Acha. A. J., Pires, J. I. C. (2020) Physical and physiological quality of seeds of Campo Grande *Stylosanthes* coated with different binder materials. *Ciência Rural*, 50:1-8.
- Baudet, L., Peres, W. B. (2004) Recobrimento de Sementes. *Seed News*,1:20-23.
- Boddey, R.M., Macedo, R., Tarré, R.M., Ferreira, E., de Oliveira, O.C., Rezende, C. de P., Cantarutti, R.B., Pereira, J.M., Alves, B.J.R., Urquiaga, S. (2004) Nitrogen cycling in Brachiaria pastures:the key to understanding the process of pasture decline? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 103:389–403.
- Brasil Ministério da Agricultura. (2009) Regras para Análises de Sementes. Brasília, DF:SNAD/DNDV/CLAV, p. 395.
- Brasil Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013) Instrução Normativa n. 45. Brasília. MAPA, 38p.
- Caldeira, C. M., Carvalho, M. L. M., Guimaraes, R. M., Coelho, S. V. B. (2016) Qualidade de sementes de tabaco durante o processo de pelotização e armazenamento. *Ciencia. Rural*, 46:216-220.
- Carvalho, N. M., Nakagawa, J. (2012) Sementes:ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal, FUNEP. 144p.
- CONAB (2015) Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira:grãos:safra 2014/2015:décimo segundo levantamento. Setembro 2015. Brasília, DF.
- CONAB (2019) Companhia nacional de abastecimento. Safra 2018/2019 Disponível em Acesso em 11 de janeiro de 2021. <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/download/22780>.
- Conceição P. M., Vieira H. D., Silva R. F., Campos S. C. (2009) Qualidade fisiológica e resistência do recobrimento de sementes de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, 33:765-772.
- Costa M. A. (2003) Peletização de sementes de brócolos em leito de jorro cônico tese de doutorado. Tese (Doutorado) -Campinas-SP:Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 209p.
- Costa, C. E. L., Silva, R. F., Lima, J. O. G., Araújo, E. F. (2001) Sementes de cenoura, *Daucus carota* L., revestidas e peliculadas:germinação e vigor durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 26:36-45.
- Costa, C. M. L. (2010) *caracterização e análise experimental do recobrimento de sementes de jambu (Spilhanthes oleraceae) em leito de fluidizado*. Tese (doutorado em Eng, Química)-Campinas, SP-UNICAMP, 150p

- Derré L. O., Custódio C. C., Agostini E. A. T., Guerra W. E. X. (2013) Obtenção das curvas de embebição de sementes revestidas e não revestidas de *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. *Colloquium Agrariae* 9:103-111.
- Donida, M. W. (2004) *Análise das Influências das Características do Sólido e da Suspensão no Processo de Recobrimento em Leito de Jorro*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Campinas-SP, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 141p.
- Dourado Neto, D., Sparovek, G., Figueredo Júnior, L. G. M., Fancelli, A. L., Manfron, P. A., Medeiros, S. L. P. (2004) Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 12:359-367.
- Duarte, J. O. (2010) Cultivo do Milho – Importância Econômica. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/clima.htm>>. Acesso em:29 agosto. 2020.
- Embrapa-Empresa brasileira de pesquisa agropecuária (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 212p.
- Evangelista, J. R. E., Oliveira, J. A., Botelho, F. J. E., Oliveira, R. M. E., Pereira, C. E. (2007) Desempenho de sementes de soja peliculizadas em solo com diferentes teores de água. *Ciência e Agrotecnologia*, 4:994-999.
- Fancelli, A. L., Dourado Neto, D. (2003) *Milho:estratégias de manejo para alta produtividade*. Piracicaba:ESALQ/USP. 208p.
- Fernandes, A. S., Lima, J. F., Frota, G. L. (2014) Modelagem em 3D com Trimble SketchUp:abordagens e aplicações. Anais do VIII Simpósio de Informática-IFNMG – Câmpus Januária.
- Gadotti, C. Puchala B. (2010) Revestimento de sementes. Informativo ABRATES [online], [citado em 2018 junho], 20(3):70-71. Disponível:<http://www.abrates.org.br/images/stories/informativos/v20n3/minicurso03.pdf>.
- Gaspar, J. A. M. (2010) Google SketchUp Pro 8, passo a passo. São Paulo:[s.n.] ISBN 978856145305-3.
- Giménez-Sampaio T., Sampaio N. V. (2009) *Recobrimento de sementes de hortaliças*. In:Nascimento WM, editor. Tecnologia de sementes de hortaliças. Brasília:Embrapa Hortaliças, p. 275-306.
- Gomes, P. S. C. F., Franke, L. B., Lopes, R. R. (2011) Florescimento e produção de sementes de *Lotus subbiflorus* Lag. cv. El Rincón. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:964-971.
- Google. Google Skecthup. Acessado em 1 de julho de 2018 de <http://sketchup.google.com/br>.

- Guerreiro, D. (2017) *Revestimento na qualidade fisiológica de sementes e no desenvolvimento inicial das plantas de Brachiaria brizantha*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Brasília-Universidade de Brasília-Unb, 60p.
- Guimarães, C. P., Vieira, H. D., Beltrame, R. A., Mussi-dias, V. (2020) Effects of calcium silicate on the protection of *Brachiaria* seeds against *Sclerotium rolfsii*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 52:1853-8665.
- Guimarães, T. E. (2018) Aplicações práticas e didáticas da utilização dos softwares CADe SIMU e PC SIMU para a simulação computacional de comandos elétricos. Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal de Ouro Preto – OFOP. 53p.
- Hölbig, L. S., Baudet, L., Villela, F. A., Cavalheiro, V. (2010) Recobrimento de sementes de cenoura. *Revista Brasileira de Sementes*, 32:22-28.
- IBGE (2006) Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo Agropecuário. Brasília, 2007. Disponível em:Acesso em:23 junho. 2020.
- IBGE (2016) Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra 2000-2010-2012-2014. Disponível em Acesso em setembro de 2020.
- IBGE (2020) Instituto brasileiro de geografia e estatística –LSPA-Levantamento sistemático da produção agrícola. Safra 2020.
- Keller-Grein, G., Maass, B. L., Hanson, J. (1996) Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: Miles J. W, Maass B. L, Valle C. B do (eds.) *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Embrapa/CIAT, Cali, p.16-42
- Longden, P. C. (1975) Sugar Beet Seed Pelleting. *Adas Q. Review*, 18:73-80.
- Lopes, A. C. A., Nascimento, W. M. (2012) Peletização em sementes de hortaliças. Embrapa Hortaliças –Brasília – DF, Documentos, 137, 28p.
- Ludwig, P. M., Filho, O. A. L., Baudet, L., Dutra, L. M. C., Avelar, S. A. G., Crizel, R. L. (2011) Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. *Revista Brasileira de Sementes*, 33:395-406.
- Ma, J. F. Miyake Y., Takahashi, E. (2001) Silicon as a beneficial element for crop plant. In: Datnoff, L. E.; Snyder, G. H., Korndörfer, G. H., eds. Silicon in agriculture. *Elsevier Science*, 17-39p.
- Machado, C. P., Giraffa, L. M. M. (2011) Ensino de Geometria: da corda com 12 nós ao Google Sketchup. XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática CIAME, Recife.
- Maguire J. D (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176-177.
- Malavolta E., Vitti G. C., Oliveira S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. Piracicaba:Potafos, p. 319.

- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo:Ed. gronômica Ceres, p. 638.
- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Peske, F. B. (2006) Recobrimento de sementes de cenoura com aglomerante em diversas proporções e fungicida. *Revista brasileira de sementes*. 28:94-100.
- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Eicholz, E.D. (2004) Modificações na condição física das sementes de cenoura em equipamento de recobrimento. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 26:70-75.
- Melo, B. A. de. (2017) *Desenvolvimento de um protótipo e estudo de materiais para incrustação de sementes de colza*. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Campina Grande-PB, Universidade Federal de Campinas-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 139p.
- Melo, Gonçalo J. M. (2010) *Optimização e desenvolvimento de processos numa empresa produtora de carbonato de cálcio*. Dissertação (Mestrado em Química Tecnológica) – Lisboa-Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Lisboa, Portugal, 120p.
- Melo, L. D. F. A., Melo Junior, J. L. A., Crisostomo, N. M. S., Berto, T. S., Ramos, M. G. C., Silva, L. G. (2020) Uso de agentes aderentes na peletização de sementes de milho crioulo com pó de rocha. *Revista Verde*, 15:245-249.
- Mendonça E. A. F., Carvalho N. M., Ramos N. P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh2) *Brazilian Journal of Seeds*, 29:68-79.
- Nascimento, W. M., Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Carmona, R. (2009) Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*, 27:12-16.
- Neto, J. J. S., Almeida, F. A. C., Queiroga, V. P., Gonçalves, C. C. (2014) *Sementes estudos tecnológicos*. Aracaju:Brasil.
- Oliveira, A. K. M., Ribeiro, J. W. F., Pereira, K. C. L., Silva, C. A. A. (2014) Germinação de sementes de paineira-docampo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. *Científica*, 42:316-324.
- Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., e Dixon, K. (2017) Seed Coating: Science or Marketing Spin? *Trends in Plant Science*, 22:106-116.
- Pelisser, F., Gleize, P. J. P., Mikowski, A. (2009) “Propriedades nanomecânicas do silicato de cálcio hidratado de síntese”, *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 9:129-139.
- Pereira, C. E., Oliveira, J. A., Rosa, M. C. M., Kikut, A. L. P. (2011) Armazenamento de sementes de braquiária peletizadas e tratadas com fungicida e inseticida. *Ciência Rural*, 41:2060-2065.
- Pereira, C. P., Oliveira, J. A., Evangelista, J. R. E. (2005) Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas associadas a polímeros durante o armazenamento. *Ciência.Agrotecnológica*, 29:201-1208.

- Queiroz, A. M., Souza, C. H. E., Machado, V. J., Laba, R. M. Q., Korndorfer, G. H. e Silva, A. A. (2011) Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.) *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10:257-266.
- R Core Team (2018) R:A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reddy, A. S. N. (2001) Calcium:silver bullet in signaling. *Plant Science*, 160:381-404.
- Rocha, S. C. S., Taranto, O. P., e Moris, V. A. S. (2009) Recobrimento de partículas em leite de jorro e fluidizado. *In:Freire, J. T., Silveira, A. M. Fenômenos de transporte em sistemas particulados:fundamentos e aplicações*. São Carlos:Suprema, p. 131-163.
- Rosso, G. A. (2013) Recobrimento de sementes de frutos silvestres em panela rotatória. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – São Carlos – SP, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 118p.
- Sampaio, T. M. G. (1992) *Pré-acondicionamiento osmótico y recubrimiento de semillas de pimienta (Capsicum annum, L.)* Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Madrid-Universidad Politécnica de Madrid-UPM, 278p.
- Santana, E. B. (2016) Recobrimento de sementes de linhaça (*Linum usutatissimum* L) com suspensão biopolimérica em leite de jorro. Tese (doutorado)-Belém – PA – Universidade Federal do Pará-UFPA, 144p.
- Santos, L. D. C., Benett, C. G. S., Silva, K. S., Silva, L. V. (2011) Germinação de diferentes tipos de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. *Bioscience Journal*, 27:420-426.
- Santos, S. R. G. (2016) Peletização de Sementes Florestais no Brasil:Uma Atualização. *Floresta e Ambiente*, 23:286-294.
- Scott, J. M. (1989) Seed Coatings and Treatments and Their Effects on Plant Establishment. *Advances in Agronomy*, 42:43-83.
- Scott, J. M., Blair, G. J., Andrews, A. C. (1997) The Mechanics of Coating Seeds in a Small Rotating Drum. *Seed Science and Technology*, 25:281-292.
- Sfredo, G. J. (2008) Soja no Brasil:calagem, adubação e nutrição mineral *In:Embrapa Soja.Londrina*, 148p.
- Sharples, G. C. (1981) Lettuce Seed Coating for Enhanced Seedling Emergence., *Hortscience*,16:661-662.
- Siddartha, H. V., Srivastava, D. K., Rai, P. K., Bara, B. M. (2017) Effects of polymer seed coating and fungicide seed treatment on seedling characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum*) during storage J. *Pharmacognosy and Phytochemis*, 6:752- 754.

- Silva F. W. A., Vieira H. D., Baroni D. F., Maitan M. Q., Acha A. J. (2017) Germination Performance of Campo Grande (*Stylosanthes capitata/macrocephala*) Styler's Seeds Coated with Different Layers of Inert Material. *Journal of Experimental Agriculture International*, 18:1-8.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998) Confecção e avaliação de péletes de sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 16:151- 58.
- Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Nascimento, W. M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, 20:67-70.
- Silva, M., Almeida, R. C., Assis, F., Adelino, B., Neto, F., Gomes, P. (2018) Performance of coated Peanuts seeds during storage. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19:1-9.
- Silva, V. M., Oliveira, W. S. (2017) Softwares didáticos gratuitos e de código aberto:ferramentas para potencializar o ensino das engenharias. XLV congresso brasileiro de educação em engenharia UDESC/UNISOCIESC "Inovação no Ensino/Aprendizagem em Engenharia" Joinville/SC.
- Sousa, P. G. F. D., Vieira H. D., Amorim, M. M., Acha, A. J. (2016) Coating with fungicide and different doses of fertilizer in vinhatico seeds. *African Journal of Biotechnology*, 15:2091-2097.
- Sousa, R. V., Lopes, W., Inamassu, R. Y. (2014) *Automação de máquinas e implementos agrícolas:eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação*. In:Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. A. de A., Luchiar Junior, A., Romani, L. A. S. (Ed.) *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília, DF:Embrapa.
- Souza, I. A. de (2012) Avaliação do capim-braquiária e dos atributos físicos do solo sob doses de nitrogênio. Diamantino, MG. UFVJM, 54p.
- Sprey, L. M., Ferreira, S. A. N., Sprey, M. M. (2019) Qualidade fisiológica de sementes peletizadas de Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41:e-75.
- Tavares, L. C., Rufino, C. A., Dorr, C. S., Barros, A. C. S. A., Peske, S. T. (2012) Performance of lowland rice seeds coated with dolomitic limestone and aluminum silicate. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:202-211.
- Tavares, L. C., Tunes, L. M.; Brunes, A. P; Fonseca, D. Â. R., Rufino, C. A., Barros, A. C. S. A.; Melo, S. C. (2013) Potássio via recobrimento de sementes de soja:efeitos na qualidade fisiológica e no rendimento. *Ciência Rural*, 43:1196-1202.
- Taylor A. G, Eckenrode, C. J., Straub R. W. (2001) Seed coating technologies and treatments for onion:hallenges and progress. *HortScience*, 36:199-205.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennet, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., Misra, M. K. (1998) Seed enhancements. *Seed Science Research*. 8:245-256.



- Trentini, P., Vieira, M. G. G. C., Carvalho, M. L. M., Oliveira, J. A., Machado, J. C. (2005) Peliculização:desempenho de sementes de soja no estabelecimento da cultura em campo na região de Alto Garças, MT. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:84-92.
- Trogello, E., Modolo, A. J., Portes, A. F., Brusamarello, A. P. (2013) Tamanhos e formatos de sementes não influenciam a germinação, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 19:41-48.
- Tunes, L. V. M., Fonseca, D. A. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A., Villela, F. A. (2014) Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Revista Ceres*, 61:675-685.
- Ullmann, R., Resende, O., Sales, J. F., Chaves, T. H., (2010) Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. *Revista Ciência Agronômica*, 41:442-447.
- Valle, C. B., Jank, L., Resende, R. M. S. (2009) O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*, 56:460-472.
- Xavier, P. B., Vieira H. D. (2018) Physiological Potential of Seeds of Perennial Soybean cv. Comum Coated with Different Materials. *American Journal of Plant Sciences*, 9:1-12.
- Xavier, P. B., Vieira H. D., Guimarães C. P. (2015) Physiological potential of Stylosanthes cv. Campo Grande seeds coated with diferente materials. *Journal of Seed Science*, 37:117-124.