

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
Neonotonia wightii cv. Comum E *Brachiaria brizantha* cv. MG5
REVESTIDAS EM DRAGEADORA

AMANDA JUSTINO ACHA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2020

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
Neonotonia wightii cv. Comum E *Brachiaria brizantha* cv. MG5
REVESTIDAS EM DRAGEADORA

AMANDA JUSTINO ACHA

“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
FEVEREIRO – 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

A175

Acha, Amanda Justino.

Caracterização física e fisiológica de sementes de *Neonotonia wightii* cv. Comum e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas em drageadora / Amanda Justino Acha. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

98 f. : il.

Bibliografia: 87 - 97.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Recobrimento. 2. Análise digital de imagens. 3. *Neonotonia wightii*. 4. *Brachiaria*. 5. Micronutrientes. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
Neonotonia wightii cv. Comum E *Brachiaria brizantha* cv. MG5
REVESTIDAS EM DRAGEADORA

AMANDA JUSTINO ACHA

“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”

Aprovada em 18 de Fevereiro de 2020

Comissão Examinadora:

Sheila Cristina P. Posse

Dr^a. Sheila Cristina Prucoli Posse (D.Sc., Produção de Sementes) - INCAPER

Sheila Cristina P. Posse

Prof^a Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Nutrição de Plantas) – UENF

Marta Simone Mendonça Freitas

Dr. Cláudio Luiz Melo de Souza (D.Sc., Estatística Experimental) – UENF

Cláudio Luiz Melo de Souza

Prof. Henrique Duarte Vieira (D.Sc, Produção Vegetal) – UENF
(Orientador)

Dedico

Aos meus pais, Milson e Cláudia!

"A cada vitória o reconhecimento devido a Deus, pois só Ele é digno de toda honra, glória e louvor."

AGRADECIMENTOS

Esses anos de estudo e pesquisa foram marcados de desafios, construção e amadurecimento. Sem dúvidas, foram dias oportunos para meu crescimento profissional e pessoal;

Com as mãos de Deus me conduzindo até aqui, hoje estou alcançando mais um título importante na minha vida acadêmica. Serei Doutora Amanda, e eu só sei agradecer!

Sou grata a Deus por tudo que me permitiu viver!

Sou grata aos meus pais, que sempre me incentivaram, investiram e mostraram o quanto era importante estudar, mesmo não tendo a mesma oportunidade no passado!

Sou grata ao professor Henrique Duarte Vieira pelos 11 anos de orientação. Chamá-lo apenas de orientador é muito pouco, ele se tornou meu pai da vida acadêmica. Com todos os seus ensinamentos, tenho certeza de que serei uma profissional capaz de fazer a diferença!

Sou grata a todos os membros da banca examinadora da defesa final dessa tese, por terem gentilmente aceitado o convite de participarem com seus conhecimentos na avaliação desse trabalho;

Sou grata a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de cursar o doutorado, em especial a coordenação e professores do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal;

Sou grata aos colegas que fizeram e aos que ainda fazem parte do laboratório de sementes, por todos os momentos compartilhados, auxílio na condução e avaliação dos trabalhos;

Sou grata aos técnicos de laboratório Antônio Carlos e Sr. Acácio, por todo conhecimento compartilhado;

Sou grata a CAPES pela concessão da bolsa durante esses anos, me permitindo concluir mais esta etapa;

Sou grata a todos aqueles que contribuíram de forma variada e em diferentes níveis ao longo do desenvolvimento dos trabalhos até a conclusão desse doutorado, em especial ao meu irmão João Vitor, minha família e amigos.

Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Importância das pastagens no Brasil.....	4
2.2. Qualidade das sementes.....	5
2.3. Espécies forrageiras.....	6
2.3.1. <i>Neonotonia wightii</i> cv. Comum.....	7
2.3.2. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG5.....	7
2.4. Recobrimento de sementes.....	8
2.5. Micronutrientes.....	10
2.5.1. Boro.....	11
2.5.2. Zinco.....	11
3. TRABALHOS	
3.1. <i>Processamento digital de imagens de sementes de soja perene revestidas e correlação com atributos fisiológicos</i>	13
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introduction.....	15
Material and Methods.....	16
Results and Discussion.....	18

Conclusions.....	25
References.....	26
Tables and Figures.....	30
3.2. <i>Resposta das sementes de Brachiaria brizantha cv. MG5 revestidas com boro e zinco e influência no crescimento das plantas.....</i>	37
Resumo.....	37
Abstract.....	38
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	40
Resultados.....	43
Discussão.....	46
Conclusão.....	52
Referências Bibliográficas.....	53
Figuras.....	56
3.3. <i>Desempenho de sementes de Brachiaria brizantha cv. MG5 revestidas e não revestidas sob diferentes temperaturas.....</i>	64
Resumo.....	64
Abstract.....	65
Introdução.....	65
Material e Métodos.....	67
Resultados.....	70
Discussão.....	73
Conclusão.....	76
Referências Bibliográficas.....	77
Tabelas e Figuras.....	80
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

RESUMO

ACHA, Amanda Justino; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2020. **Caracterização física e fisiológica de sementes de *Neonotonia wightii* cv. Comum e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas em drageadora.** Professor Orientador: Henrique Duarte Vieira.

Práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, levando a alta incidência de pastagens degradadas no Brasil. Dessa forma, aumenta a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis. O consórcio entre gramíneas e leguminosas, é uma alternativa para melhorar a qualidade das pastagens e a produtividade. Espécies forrageiras, como a *Neonotonia wightii* cv. Comum (soja perene) e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 (braquiária), possuem potencial produtivo para serem utilizadas nas estratégias de recuperação das pastagens, por esse motivo sendo as espécies escolhidas neste trabalho a fim de ser testada a técnica de recobrimento de sementes como forma de adicionar características físicas e químicas a essas sementes. O estudo se resume em três experimentos, sendo um com sementes de soja perene e dois com sementes de braquiária, nessa ordem. Para todos os experimentos as sementes foram adquiridas comercialmente, selecionadas em laboratório e escarificadas com ácido sulfúrico, para então serem revestidas. A metodologia de recobrimento foi a mesma aplicada para ambas as espécies, utilizando uma drageadora de bancada, seguida de avaliações físicas e fisiológicas das sementes. No primeiro experimento, as sementes de soja perene

foram revestidas com diferentes materiais e proporções. Além das avaliações predeterminadas, os péletes foram submetidos à análise digital de imagens para avaliar a qualidade do recobrimento. O recobrimento promoveu incrementos à massa das sementes, uniformizando a cor e a forma, além de promover aumentos significativos na área, diâmetro e perímetro. A combinação de areia + calcário promoveu os maiores péletes. A combinação de areia + silicato de cálcio não interferiu na velocidade e formação de plantas, sendo considerado o melhor material de recobrimento para sementes de soja perene. No segundo experimento, as sementes de braquiária foram revestidas com areia + silicato de cálcio e diferentes doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$). Por meio da análise nutricional foi determinado o teor de boro e zinco presente nas sementes após o revestimento. A metodologia de revestimento foi eficiente em aumentar a massa das sementes e proporcionar um revestimento de qualidade. Foi possível determinar que $10 \text{ g } H_3BO_3 + 5 \text{ g de } ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot Kg^{-1}$ de sementes não interferiu na qualidade fisiológica das mesmas e favoreceu o crescimento das plantas, estando aptas a serem testadas na implantação de pastagens. As combinações $25 \text{ g } H_3BO_3 + 5 \text{ g de } ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes e $25 \text{ g } H_3BO_3 + 15 \text{ g de } ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes, reduzem o vigor das sementes de braquiária, não sendo indicadas para revestimento dessas sementes. No terceiro experimento, foram testadas sementes de braquiária com e sem revestimento em seis temperaturas alternadas. Sendo possível concluir que o revestimento proporcionou condições às sementes de manterem o vigor quando postas para germinar em temperatura alta, além de determinar que as sementes sem e com revestimento, exigem temperaturas diferentes para alcançar o potencial máximo de germinação, $25-30^\circ C$ e $20-30^\circ C$, respectivamente. Dessa forma, no presente estudo conclui-se que o revestimento das sementes de soja perene e braquiária é eficiente em alterar as características físicas e químicas das sementes sem prejudicar a qualidade fisiológica.

ABSTRACT

ACHA, Amanda Justino; D.Sc.; State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro. February 2020. **Physical and physiological characterization of *Neonotonia wightii* cv. Common and *Brachiaria brizantha* cv. MG5 in seed coating machine.** Advisor: Henrique Duarte Vieira.

Intensive farming practices have caused changes in soil characteristics and quality, leading to a high incidence of degraded pastures in the country. Thus, the need for adopting sustainable management techniques increases. The consortium between grasses and legumes is an alternative to improve the quality of pastures and productivity. Forage species such as *Neonotonia wightii* cv. Common (perennial soybean) and *Brachiaria brizantha* cv. MG5 (brachiaria), have productive potential to be used in pasture recovery strategies, for this reason the species chosen in this work to be tested the seed covering technique as a way to add physical and chemical characteristics to these seeds. The study is summarized in 3 works, 1 with perennial soybean seeds and 2 with brachiaria seeds, in that order. For all works, the seeds were purchased commercially, selected in the laboratory and scarified with H₂SO₄, before being coated. The coating methodology was the same applied to both species, using a bench dredge with previously tested settings. Then, physical and physiological evaluations of the seeds were made. In work 1, the perennial soybean seeds were coated with different materials and proportions. In addition to the predetermined assessments, the pellets were subjected to digital image analysis to assess the quality of the

coating. The coating promoted increases in the mass of the seeds, standardizing the color and shape, in addition to promoting significant increases in area, diameter and perimeter. The combination of sand + limestone promoted the largest pellets. The combination of sand + calcium silicate did not affect the speed and formation of plants, being considered the best covering material for perennial soybean seeds. In work 2, the brachiaria seeds were coated with sand + calcium silicate and different doses of H_3BO_3 and $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Through nutritional analysis, the content of boron and zinc present in the seeds after coating was determined. The coating methodology was efficient in increasing the mass of the seeds and providing a quality coating. It was possible to determine that 10 g H_3BO_3 + 5 g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot Kg^{-1}$ from seeds did not interfere in the physiological quality of the seeds and favored the growth of the plants, being able to be tested in the implantation of pastures. The combinations of 25 g H_3BO_3 + 5 g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ of seeds and 25 g H_3BO_3 + 15 g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ of seeds, reduce the vigor of brachiaria seeds and are not indicated for coating these seeds. In work 3, brachiaria seeds with and without coating were tested at 6 alternating temperatures. It is possible to conclude that the coating provided the seeds with conditions to maintain vigor when set to germinate at a high temperature, in addition to determining that the seeds without and with coating, require different temperatures to reach the maximum germination potential, 25-30°C and 20- 30°C, respectively. Thus, in the present study it is concluded that the coating of the seeds of perennial and brachiaria soybeans is efficient in changing the physical and chemical characteristics of the seeds without impairing the physiological quality.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem a maior parte de seu rebanho criado a pasto, sendo considerada uma maneira prática e econômica para a alimentação de bovinos, proporcionando custos reduzidos de produção (Dias-Filho, 2014; Rezende et al., 2011). No entanto, práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, levando a alta incidência de pastagens degradadas no país. Dessa forma, vem surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis (Dias Filho, 2014; Terra et al., 2019).

O uso de melhores práticas de manejo em sistemas de pecuária extensiva, como o consórcio entre Poaceae e Fabaceae, é uma alternativa para melhorar a qualidade das pastagens e a produtividade. Porém, a formação e o manejo inicial das pastagens são fases importantes para determinar a sua produtividade ao longo do tempo, devendo ser levado em consideração diversos fatores, tais como, preparo do solo, correção da fertilidade, adubação, qualidade das sementes e escolha da espécie adequada (Dias-Filho, 2014; Oliveira et al., 2015). Ainda devendo ser considerado as condições de temperatura, umidade e luminosidade, que são importantes na germinação das sementes e conseqüentemente no estabelecimento inicial do estande de plantas (Marcos Filho, 2015). Assim, deve-se atentar para as mudanças climáticas que podem elevar a temperatura do planeta em 1,8°C a 6,4°C nos próximos 100 anos, segundo dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007).

Para escolha das sementes, devem ser considerados os atributos relacionados às características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias. Contudo, são atributos que refletem diretamente na cultura, em termos de uniformidade da população, vigor das plantas, ausência de pragas e doenças (Lopes et al., 2009). A análise de imagens é uma ferramenta com potencial para estudos básicos e aplicados, visando esclarecer diversos aspectos das sementes e o aprimoramento de metodologias para a avaliação de diferentes atributos da qualidade de sementes (Medeiros et al., 2018).

Para escolha da forrageira, é preciso definir qual o intuito da pastagem, levando em consideração a espécie animal e a sua categoria. Com base nos objetivos, é importante ter conhecimento sobre a capacidade de germinação da forrageira selecionada, sobre sua tolerância ao clima da região, e ainda resistência a doenças, pragas e pisoteio. Além disso, pensando no ganho de peso animal, tem que ser considerado a disponibilidade, a digestibilidade e seu aporte nutritivo (Zimmer et al., 2007).

Ao escolher a *Neonotonia wightii* cv. Comum, popularmente chamada de soja perene tem-se uma Fabaceae herbácea, rasteira, de crescimento trepador, de origem africana, com hastes pilosas e coloração verde escura. Indicada para fenação, pastejo e adubação verde. Possui alto valor alimentício, capacidade de fixar em torno de 180 a 200 kg/ha/ano de nitrogênio e boa capacidade de consorciação, inclusive com gramíneas mais agressivas. Já a *Brachiaria brizantha* cv. MG5 ou Xaraés, é uma poácea caracterizada por alcançar alta produtividade, possui boa adaptação em solos ácidos, bom valor nutritivo e alta capacidade de suporte (Carvalho et al., 2014). Desta forma, estas são forrageiras com potencial para serem utilizadas em estratégia de implantação e recuperação da qualidade dos pastos.

Devido a causas naturais e também a modificações do meio pelo homem, a maioria dos solos brasileiros é deficiente em micronutrientes. As características dos solos brasileiros, entre outros, o pH e textura do solo, favorecem a deficiência principalmente do Boro (B) e do Zinco (Zn), que são micronutrientes essenciais às plantas, com importantes funções em diversos processos metabólicos influenciando na produtividade das culturas (Tavallali, 2017). Apesar disso, esses elementos são exigidos em baixas quantidades e o limite estreito entre o nível adequado e nível tóxico nas plantas, exige uma adubação cautelosa, o que acaba

dificultando uma distribuição uniforme na área de cultivo (Faquin, 2005). Assim, o recobrimento das sementes com micronutrientes torna-se uma alternativa promissora, atendendo principalmente à fase inicial de crescimento da planta (Acha et al., 2016).

Nesse contexto, a fim de adicionar características físicas e químicas às sementes de espécies forrageiras capazes de serem utilizadas em estratégias para melhorar a qualidade das pastagens do Brasil, foi testada a metodologia de recobrimento em drageadora nas sementes de *Neonotonia wightii* cv. Comum e *Brachiaria brizantha* cv. MG5, que foram submetidas a avaliações físicas e fisiológicas para determinar a qualidade do recobrimento, assim como a eficiência de proteção às sementes em condições de temperaturas adversas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância das pastagens no Brasil

No Brasil, a maior parte do rebanho bovino é criado a pasto. Além das condições climáticas e a grande extensão de terra do país, o uso da pastagem na pecuária é uma prática em que se aplica baixa mão de obra, pouco cuidado com a área, baixo uso de insumos e tecnologias, se tornando uma forma mais simples e econômica de fornecer alimentos para esses animais. Assim, o custo com a produção de carne no país é um dos menores no mundo, favorecendo o interesse de países importadores do produto (Dias Filho, 2014).

De acordo com dados recentes do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Esalq/USP (Cepea), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (Cna) e com a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (Fealq), no período de janeiro a setembro de 2019 o ramo pecuário teve forte alta de 10,76% e o agrícola recuou 3,7% no PIB brasileiro (CEPEA, 2020).

O último censo agropecuário brasileiro informa que o efetivo do rebanho de bovinos é de 172.719.164 cabeças distribuídas em 2.554.415 estabelecimentos registrados. Devido a esses números, 45% de uso das terras brasileiras são destinadas à pastagem, cujo a maioria é plantada. No Rio de Janeiro, o uso das terras para pastagens chega a 66% (IBGE, 2019).

Práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, levando a alta incidência de pastagens

degradadas no país. O descaso com essas terras tem levado a atividade pecuária desenvolvida a pasto a ser rotulada como atividade improdutiva e danosa ao meio ambiente. Dessa forma, vem surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis (Dias Filho, 2014; Terra et al., 2019). De acordo com Strassburg et al. (2014), a produtividade das pastagens cultivadas no Brasil é de 32% a 34% do seu potencial. Aumentar a produtividade dessas áreas para 49% a 52% de seu potencial atenderia a todas as demandas pelo menos até 2040.

O uso de melhores práticas de manejo em sistemas de produção de gado a pasto, como o consórcio entre gramíneas e leguminosas, é uma alternativa para melhorar a qualidade das pastagens e a produtividade. Autores como Macharia, et al. (2011) testaram o uso de leguminosas em pastagens e relataram ações benéficas dessas espécies ao final das avaliações realizadas no trabalho, entre elas a melhora da fertilidade do solo. Bettioli et al. (2015), observaram que após testarem a relação conjunta da braquiária com a crotalária, houve ganhos significativos na massa fresca e na massa seca das plantas. A combinação também proporcionou maior incorporação de nitrogênio ao solo, equivalente a 550 kg de ureia por hectare ou 1.265 kg de sulfato de amônia, e assim, redução nos custos com adubação nitrogenada e intensificação do sistema de pecuária extensiva. O consórcio de gramíneas e leguminosas também permite suprir a necessidade dos animais no período de escassez na produção das pastagens, uma vez que as leguminosas possuem elevado valor nutritivo (Terra et al., 2019).

Para a formação de uma boa pastagem devem-se levar em consideração diversos fatores, tais como, preparo do solo, correção da fertilidade, adubação, escolha da espécie adequada, entre outros (Dias Filho, 2014). Entretanto, a qualidade da semente e a forrageira escolhida destacam-se dentre esses fatores, sendo imprescindíveis para a obtenção de uma pastagem de boa qualidade (Zimmer et al., 2007).

2.2. Qualidade das sementes

Para escolha das sementes, devem ser considerados os atributos relacionados às características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias. Contudo, são atributos que refletem diretamente na cultura, em termos de uniformidade da população, vigor das plantas, ausência de pragas e doenças

(Lopes et al., 2009). O investimento em sementes na formação de uma pastagem varia de 7% a 10% do custo total, sendo assim, o uso de sementes de baixa qualidade pode ocasionar prejuízos consideráveis (Macedo et al., 2005).

De acordo com Marcos Filho (2015), a germinação representa uma manifestação fisiológica essencial das sementes para assegurar a multiplicação de plantas e o sucesso da produção vegetal. Assim, é uma característica importante para a agricultura e que deve ser preservada. Diversos fatores ambientais influenciam a germinação das sementes, mas a água e a temperatura se destacam, pois são responsáveis por garantir que os processos metabólicos como a embebição, a ativação de enzimas, a mobilização de reservas e o crescimento da plântula ocorram nos padrões da normalidade.

A análise de imagens é uma ferramenta com potencial para estudos básicos e aplicados, visando esclarecer diversos aspectos do comportamento das sementes e o aprimoramento de metodologias para a avaliação de diferentes atributos da qualidade de sementes. É um método que tem a finalidade de aumentar a eficiência e a confiança dos resultados (Medeiros et al., 2018). A técnica é baseada em obter informações de objetos registrados, com base em características físicas como cor, textura, geometria, etc. Por ser um método não destrutivo, permite que as sementes após a captura de imagem, possam ser colocadas para germinar, permitindo estabelecer relações entre as características físicas e fisiológicas (Guedes et al., 2011).

O conhecimento sobre o uso da análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes, ainda é muito restrito diante da ampla diversidade de espécies existentes, características específicas de cada espécie, necessitando de mais estudos e aperfeiçoamento da técnica (Silva et al., 2014).

2.3. Espécies forrageiras

Para a escolha da forrageira, é preciso definir qual o intuito da pastagem, levando em consideração a espécie animal e a sua categoria. Com base nos objetivos, é importante ter conhecimento sobre a capacidade de germinação da forrageira selecionada, sobre sua tolerância ao clima da região, e ainda resistência a doenças, pragas e pisoteio. Além disso, pensando no ganho de peso

animal, tem que ser considerado a disponibilidade, a digestibilidade e seu aporte nutritivo (Zimmer et al., 2007).

2.3.1. *Neonotonia wightii* cv. Comum

A *Neonotonia wightii* cv. Comum, popularmente chamada de soja perene é uma fabácea herbácea, rasteira, de crescimento trepador, de origem africana, com hastes pilosas e coloração verde escura. Indicada para fenação, pastejo e adubação verde. Possuem alto valor alimentício, além de possuírem boa capacidade de consorciação, inclusive com gramíneas mais agressivas. O crescimento inicial é lento, porém produz cerca de 20 a 30 t.ha.ano⁻¹ de massa verde e 6 a 8 t.ha.ano⁻¹ de massa seca quando adubadas corretamente. Possuem capacidade de fixar em torno de 180 a 200 kg.ha.ano⁻¹ de nitrogênio e crescimento radicular vigoroso e profundo. Potencial médio de resistência a pragas e doenças e boa ressemeadura natural (Formentini et al., 2008; Deminiciis, 2009; Campos et al., 2012).

Assim como a maioria das leguminosas, as sementes de soja perene possuem dormência. Este é um fenômeno caracterizado pela incapacidade de a semente germinar, durante determinado período, sob combinações de condições ambientais que seriam favoráveis à germinação (Carvalho e Nakagawa, 2012). Nos estudos de Xavier et al. (2015) e Acha et al. (2016) com sementes de soja perene, os autores confirmaram a dormência tegumentar dessas sementes ao obterem sucesso na germinação após a escarificação mecânica e química com ácido sulfúrico concentrado por 20 minutos. Esse tipo de dormência reduz a capacidade de absorção de água pelas sementes, conseqüentemente atrasos na germinação e emergência das plântulas. A dormência tegumentar, pode estar associada a idade da semente, teor de água, fatores genéticos, condições fornecidas durante o beneficiamento e ambiente de produção (Queiroz et al., 2019).

2.3.2. *Brachiaria brizantha* cv. MG5

As espécies do gênero *Brachiaria* passaram a ter uma grande importância para a pecuária brasileira a partir da década de 70, por ocuparem grandes

extensões territoriais, sendo a forrageira predominante nas pastagens do país devido a adaptação climática e produtividade (Barbosa, 2006).

Em 2002, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária lançou a *Brachiaria brizantha* cv. MG5, também chamada de cv. Xaraés. De acordo com os pesquisadores, essa é uma planta de origem africana com características que a permite alcançar alta produtividade de folhas, rápida capacidade de rebrota, florescimento tardio e ainda o pastejo por período prolongado, além de fornecer aos animais alto valor nutritivo. É uma planta cespitosa, que pode alcançar até 1,5 metros de altura, folha lanceolada e longa, com poucos pelos e de coloração verde escura. Os colmos são finos e radicantes nos nós, e as inflorescências são grandes. Possui boa adaptação em solos ácidos, mas produz melhor em solos de textura média, férteis e corrigidos (Valle et al., 2004).

Lago e Martins (1998), afirmam que as sementes de *Brachiaria brizantha* têm como característica a dificuldade de germinar em laboratório e no campo, devido à ocorrência de dormência inata ou natural e à ausência de uniformidade da germinação devido à heterogeneidade de maturação. Em gramíneas forrageiras tropicais, a dormência pode estar associada a causas fisiológicas presentes em cariopses recém-colhidas, que passaram por algum problema durante o armazenamento, ou a barreiras à entrada de oxigênio nos tegumentos (Whiteman e Mendra, 1982). Estudos recentes de Alves et al. (2017), Cardoso et al. (2018) e Vela et al. (2018) afirmam que métodos como a escarificação química e tempo de armazenamento são eficientes em romper essa dormência e assim uniformizar a germinação de *Brachiaria brizantha*, sendo uma alternativa para melhorar a qualidade das pastagens.

2.4. Recobrimento de sementes

Com um mercado sofisticado e consciente da importância da qualidade das sementes para a agricultura, agregar valor às sementes e atender a esse mercado, tem sido o objetivo dos sistemas de produção que têm aumentado seu grau de tecnificação. Dentre as técnicas, o recobrimento de sementes tem sido muito utilizado, no entanto precisa ser aperfeiçoado (Mendonça et al., 2007).

O recobrimento de sementes é um processo de beneficiamento que permite buscar formas de melhorar a germinação das mesmas em situações

adversas, como estresses, por exemplo, pois tem como objetivo reunir características favoráveis ao seu desenvolvimento que em condições naturais, não seriam alcançadas (Carvalho e Nakagawa, 2012). Porém, todas estas vantagens dependem do tipo de material e metodologia utilizada para tal finalidade (Xavier et al., 2015; Silva et al., 2017).

Como as informações a respeito dos materiais e metodologia utilizada, se tornam segredos das empresas de sementes, pesquisadores buscam em diferentes espécies vegetais uma metodologia de recobrimento que seja capaz de promover aumento no tamanho das sementes, alterando sua forma e textura, que seja capaz de fornecer proteção às sementes e nutrientes às plantas em fase inicial de crescimento (Conceição e Vieira, 2008; Xavier et al., 2015; Acha et al., 2016; Sousa et al., 2016; Sousa et al., 2017; Silva et al., 2017; Xavier e Vieira, 2018; Acha et al., 2018).

De acordo com Santos (2016), a técnica de recobrimento de semente diferencia a nomenclatura do produto, ou seja, chama-se de peliculização o processo em que as sementes são revestidas com um filme líquido, geralmente feito em camada única, sem alterar a massa e o formato, garantindo ótima adesão e distribuição dos ingredientes ativos. Já na peletização, a semente possui seu tamanho e que aumenta a massa da semente melhorando a sua aparência. Sendo que a peletização e a incrustação conferem maior flexibilidade ao tratamento de sementes.

A formação dos péletes se dá com um conjunto de camadas finas e uniformes em torno da semente, proporcionando a elas um formato mais arredondado, liso e com maior massa. Essas camadas são formadas com materiais que se adequam a função de adesivos e que sejam capazes de ser pulverizados após dissolvidos em água, como: polímeros orgânicos, amidos, resinas naturais, açúcares, colas de origem animal e mucilagens vegetais (Baudet e Peres, 2004). Além do material adesivo, as camadas são formadas também com a presença de um material seco, inerte ou não e de granulometria fina (Mendonça et al., 2007).

Os materiais utilizados como cobertura ou enchimento dos péletes são os mais variados. A escolha do material dependerá do tipo de semente a ser recoberta, dos objetivos do recobrimento e das possíveis compatibilidades com outros materiais e tratamentos administrados de modo combinado às sementes.

Esses materiais (de cobertura ou enchimento) podem ser de origem mineral ou orgânica, como, por exemplo: areia, argila, terra, serragem, casca, farinha de osso, farinha de sangue, calcário, silicato e outros (Mendonça et al., 2007). O material deve formar um revestimento que não seja obstáculo ao desenvolvimento radicular e nem à parte aérea da planta, e sim ser solúvel em água e permitir a passagem de oxigênio para o desenvolvimento natural do embrião.

A utilização de sementes vigorosas é essencial para o sucesso da peletização, pois as mesmas não só necessitam vencer as barreiras impostas pelo pélete para que ocorra sua germinação e posterior emergência, como também precisam fazer isso em um curto período de tempo e de forma mais uniforme possível para que garanta o estabelecimento das plântulas (Mendonça et al., 2007; Santos, 2016).

2.5. Micronutrientes: Boro e Zinco

As exigências nutricionais dos vegetais variam desde a germinação à senescência. Dessa forma, o estado nutricional de uma planta condiciona sua taxa de desenvolvimento, seu crescimento e até mesmo suas características morfológicas e fisiológicas (Malavolta, 2006).

Porém, com a intensificação da produtividade na agricultura, tem ocorrido um desequilíbrio nutricional, o que tem gerado fitotoxicidade por parte de alguns nutrientes e a deficiência de outros, mesmo quando estes se encontram em concentrações adequadas no meio (Fernandes et al., 2015).

O uso de micronutrientes na agricultura brasileira tem sido frequente, pois, a deficiência desses elementos na maioria dos solos vem aumentando devido a causas naturais e a modificações do meio pelo homem, principalmente de boro, cobre e zinco. Com isso, eleva a necessidade de suprir a falta desses nutrientes por meio de fertilizantes, atendendo adequadamente a exigência nutricional das culturas, influenciando diretamente no desempenho animal, quando se tratando de poáceas e fabáceas, por exemplo (Yamada, 2004; Prado, 2008).

De acordo com Farooq et al. (2012), a técnica de aplicar os micronutrientes via semente, proporciona uniformidade de distribuição e redução de gastos pela minimização da quantidade aplicada quando comparada com a

adubação via solo ou foliar. No entanto, o limite estreito entre o nível adequado e nível tóxico nas plantas, exige uma adubação cautelosa (Faquin, 2005).

Araújo et al. (2016), testificaram a eficiência da técnica ao tratar sementes de trigo com ácido bórico e sulfato de zinco, mostrando com seus dados que houve efeitos benéficos na qualidade fisiológica das sementes, como favoreceram a germinação das sementes.

2.5.1. Boro (B)

De todos os nutrientes minerais, o boro é o menos compreendido. Porém, comparado aos demais micronutrientes ele é requerido nas maiores quantidades pelas dicotiledôneas (Kirkby e Römheld, 2007).

A função fisiológica do B difere de qualquer outro micronutriente, pois não pertence a nenhum composto ou enzima específica, mas sabe-se que possui funções em muitos processos fisiológicos da planta, como: fixação biológica de nitrogênio, pois protege a enzima nitrogenase de danos causados pela toxidez de espécies reativas de oxigênio; está ligado ao crescimento meristemático; integridade da parede celular; ao funcionamento da membrana celular; no transporte de auxinas (AIA); na síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fitormônios e ainda atua no metabolismo de carboidrato; porém entre as diversas funções, a síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática são as mais definidas (Oshe et al., 2000; Azevedo et al., 2002; Faquin, 2005; Malavolta, 2006). No solo ele se encontra na forma de ácido bórico não dissociado (H_3BO_3), que é a forma solúvel disponível para a planta.

Entre os micronutrientes definidos, o B é o único considerado relativamente móvel no solo. Acredita-se que essa mobilidade se deve ao fato do B estar presente na solução do solo na forma de ácido bórico não dissociado, havendo adsorção aos coloides do solo à medida que ocorre elevação do pH do meio. Assim, a deficiência de B nas plantas se mostra de forma rápida e agressiva (Beltrão et al., 2010).

2.5.2. Zinco (Zn)

O zinco é absorvido pelas plantas na forma de Zn^{2+} . Diversos fatores podem prejudicar a sua disponibilidade no solo, conseqüentemente, a absorção pelas plantas como, por exemplo: o pH do solo, que segundo Pereira et al. (2007)

quando está elevado, tem uma influência negativa na disponibilidade de Zn para as plantas; a matéria orgânica; a elevada concentração de fósforo e o teor de argila (Vitti et al., 2007).

O Zn é um micronutriente que tem como principal função ser componente e ativador enzimático, onde a maioria das enzimas que possuem Zn em sua composição está envolvida na regulação da transcrição do DNA, na síntese e no transporte de RNA, além de estar envolvido no metabolismo nitrogenado da planta. A deficiência de Zn reduz a atividade da fotossíntese, reduz a da síntese proteica e acúmulo de aminoácidos (Faquin, 2005).

O Zn é um micronutriente que em nível adequado, protege a planta contra vários patógenos, pois a sua deficiência leva as membranas a se tornarem permeáveis, de tal modo que os carboidratos e os aminoácidos são liberados, atraindo patógenos e insetos tanto para as raízes quanto para as brotações (Kirkby e Römheld, 2007). Já as plantas deficientes em Zn são pequenas e raquíticas, as folhas são lanceoladas e com cloroses internervais, e o seu excesso pode causar retardo no crescimento e desenvolvimento das plantas (Malavolta, 2006).

3. TRABALHO

3.1. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SEMENTES DE SOJA PERENE REVESTIDAS E CORRELAÇÃO COM ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS*

RESUMO

Resumo - A soja perene (*Neonotonia wightii*) é uma Fabaceae com potencial para ser utilizada em consórcio com plantas da família Poaceae, a fim de melhorar a qualidade das pastagens. Na busca por agregar valor às sementes de soja perene e melhorar a sua distribuição na semeadura, sementes revestidas com diferentes materiais foram caracterizadas via análise de imagem digital e os atributos físicos relacionados com atributos fisiológicos, a fim de definir a quantidade e o material ideais a serem utilizados no revestimento. Foram testados 150g, 200g e 250g de material divididos em camadas, sendo eles: areia, silicato de cálcio + areia e calcário + areia. O recobrimento promoveu incrementos máximos de aproximadamente 350% à massa das sementes e aumentos significativos de até 230% na área, 154% no diâmetro máximo, 162% no diâmetro mínimo, 167% no diâmetro contido e 152% no perímetro. O recobrimento foi eficiente, também, em reduzir a umidade dos péletes com o aumento das camadas que recobrem as sementes. A combinação de areia + calcário resultou nos maiores péletes. A combinação de areia +

*Artigo aceito para publicação no periódico “*Journal of Seed Science*” em Novembro de 2019.

silicato não interferiu na velocidade e formação de plantas, sendo considerado o material adequado para o recobrimento de sementes de soja perene.

Palavras-chave: Recobrimento. Silicato. Péletes. Análise digital de imagens. *Neonotonia wightii*.

3.1. DIGITAL IMAGE PROCESSING OF COATED PERENNIAL-SOYBEAN SEEDS AND CORRELATION WITH PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES

ABSTRACT

Perennial soybean (*Neonotonia wightii*) is a Fabaceae with potential to be used in consortium with Poaceae plants to improve pasture quality. In order to add value to perennial soybean seeds and improve their seed distribution, seeds coated with different materials in coating machine were characterized by digital image analysis and physical attributes related to physiological attributes in order to define the ideal amount and material, to be used in the coating. Different material quantities were tested, 150g, 200g and 250g, divided into layers, namely: sand, calcium silicate + sand and limestone + sand. Coating promoted maximum increments of approximately 350% in seed mass and significant increases of up to 230% in area, 154% in maximum diameter, 162% in minimum diameter, 167% in contained diameter and 152% in perimeter. The coating was also efficient in reducing the moisture of the pellets by increasing the layers that cover the seeds. The sand + limestone combination resulted in the largest pellets. The combination of sand + silicate did not interfere with plant speed and formation. Thus, it was considered the appropriate material for the coating of perennial soybean seed.

Index terms: Seed Coating. Silicate. Pellets. Digital image analysis. *Neonotonia wightii*.

INTRODUCTION

In pasture management, the practice of intercropping plants with forages of the family Fabaceae has generated increased yields and contributed to the sustainability of the system, as it elevates the protein content of forage, improves nitrogen incorporation into the soil and increases protection against erosion. Additionally, this practice favors pest control and the maintenance of rest areas (Tambara et al., 2017).

According to Gama et al. (2013), the perennial soybean (*Neonotonia wightii* (Am.) Lackey) has great potential for use in intercropping due to its ability to incorporate 150 to 300 kg of N ha⁻¹ yr⁻¹, in addition to producing an average of 20 to 30 t ha⁻¹ of fresh matter and 6 to 8 t ha⁻¹ of dry matter yearly. This Fabaceae species can help in the recovery of degraded pastures in addition to attaining high yields, deep rooting and high defoliation resistance.

Constant improvement of seed-processing technologies is fundamental for the agricultural sector, since the current market is demanding and aware of the importance of quality (De Melo et al., 2016). Seed coating is a technique capable of altering the physical traits of seeds which allows the seed producer to add mineral salts, fungicides or insecticides as necessary, thereby adding value to the seed for marketing (Derré et al., 2013).

For high-quality seeds to be supplied to the producer at a fair price, research must be conducted to define the methodology, type and concentration of materials capable of providing high-quality coating without compromising the seed. Many problems have been reported regarding the quality of coated seeds for pastures, which are due mainly to the use of inadequate practices; e.g. uneven coating, contamination by other species and coating that reduces seed germination. Divergences may exist between studies on seed coating due to the material used and thickness of the layer deposited on the seeds (Somrat et al., 2018; Xavier; Vieira, 2018).

Image analysis is a tool used in basic and applied studies that aims at elucidating various aspects of seed behavior and the improvement of methodologies for the evaluation of different seed-quality attributes. This method proposes to increase efficiency and reliability of results, as it reduces human error (Medeiros, et al., 2018). The technique consists of obtaining information of recorded objects based on physical traits like color, texture, geometry, etc. Because it is a non-destructive method, the seeds can be set to

germinate after the image is captured. Thereafter, possible relationships between the physical and physiological traits can be defined based on the analyses (Guedes et al., 2011; Zang et al., 2018). However, information on the use of image analysis in the evaluation the quality of coated seeds and the quality of the coating process is still limited, considering the broad diversity of existing species and the specific characteristics of each one. Thus, studies are warranted to improve this technique (Silva et al., 2014).

On these bases, the present study proposes to characterize, via digital image analysis, the physical attributes of coated perennial soybean seeds and evaluate their correlation with physiological attributes in order to define the optimum quantity and material to be used in coating.

MATERIAL AND METHODS

The *Neonotonia wightii* seeds were acquired from the BRSeeds[®] company and subjected to chemical scarification with concentrated sulfuric acid for 20 min, except for seeds for intact control treatment. Subsequently, they were washed in abundant water and left to dry at room temperature prior to being coated.

Seed Coating

To coat the seeds, it was refined the technique employed by Acha et al. (2016), using a bench-top seed coating machine (N10 Newpack[®]) with the pan rotating at a speed of 64.5 rpm and the adhesive solution applied at a pressure of four bar, for two seconds. Next, the hot-air blower was activated at a temperature of 50 °C, for three minutes.

The seed coating process consists of the formation of layers, which are composed of two portions of 12.5 g of filler material and two jets of adhesive material (Cascorez[®] Extra glue, based on polyvinyl acetate [PVA] diluted in deionized water previously heated to 70 °C, at the 1:2 [v/v] ratio, respectively).

One hundred grams of perennial-soybean seeds which had been previously scarified were placed in the coating pan alongside a portion of filler material (12.5 g). Next, a jet of adhesive solution was applied, and the seed mass was tumbled in the pan for 1 min. Afterwards, another jet of glue and another 12.5-g portion of filler material were applied. For the following layers, a jet of adhesive solution was immediately applied, followed by a portion of filler material, then another jet of adhesive solution and then the

second portion of the filler material. Subsequently, the hot-air blower was activated, finishing layer formation. This procedure was repeated until the programmed layers were complete.

Treatments

The following materials or combinations were tested as fillers: fine sand - A (sieved through a 0.35-mm square mesh); sand + calcium silicate - AS; and sand + dolomitic limestone - AC (0.25 mm), with the number of layers (grams of material) varying between 6 (150 g), 8 (200 g) and 10 (250 g). The filler materials were mixed at the 1:1 ratio before being deposited in the pan. Material density: fine sand - 2.91 g/cm³; calcium silicate - 2.66 g/cm³; dolomitic limestone - 2.86 g/cm³.

Tests and Analyzes

After coating, the seeds were evaluated for the physical and physiological traits.

Laboratory - The following variables were analyzed, following the Rules for Seed Analysis (Brasil, 2009): 1000-seed weight, water content, between-paper germination test (%G) and germination speed index (GSI) (Maguire, 1962).

Greenhouse - The following variables were analyzed: emergence test (%E), performed in trays with coarse sand previously washed in abundant water; and emergence speed index (ESI), which was evaluated over 30 days (Maguire, 1962). Subsequently, at the end of 90 days, shoot and root length and dry matter were measured following the methodology adopted by Acha et al. (2016).

Digital analysis of the seeds – It was performed using GroundEye[®] S120 software, formerly known as SAS[®], a semi-automated seed analysis tool, which extracts numerous data from the capture of a high-resolution two-dimensional image. The system provides individual information of each seed and groups the data into color, texture, shape, morphology and uniformity, providing over 300 traits. After the variables were refined based on definition and importance, those which best met the needs for the evaluation of coating quality were selected (Table 1), namely, fine-tuning, irregular contour and contour deformation, which relate to the contour; and area (cm²), maximum diameter (cm), minimum diameter (cm), contained diameter (cm) and perimeter (cm), which pertain to seed size (TBIT, 2014).

Statistical Procedure

The seed-coating experiment was undertaken as a completely randomized design with nine treatments in four replicates with 100 g of seed per treatment. The laboratory tests also followed a completely randomized design, whereas a randomized-block design was adopted for the greenhouse part of the experiment. Nine coating treatments and two control treatments (no scarification or scarified) were tested in the laboratory and in the greenhouse, in four replicates per environment, with 50 seeds each.

The data collected after the evaluations were subjected to the Shapiro-Wilk normality test, with no need for transformation and homoscedasticity of the variances evaluated by Bartlett's test. Analysis of variance was performed, and means were compared by Tukey's test at the 5% probability level, using Sisvar[®] statistical software. Pearson's correlation coefficient (r) was also calculated between the evaluated physical and physiological variables. For all analyzed variables, the control treatments were not included in analysis of variance and test of means; thus, for them, only descriptive analysis was performed.

RESULTS AND DISCUSSION

In the intact and scarified control treatments, 1,000-seed weight was 5.82 and 5.55 g, respectively. For the different coatings tested, the coating methodology employed was efficient in providing increases of approximately 350, 280 and 200% in seed weight in the treatments with 10 layers of sand + limestone, 10 layers of sand + silicate and 10 layers of sand, respectively, compared to the scarified control treatment (Figure 1). These values are certainly related to the density of materials and their combination; i.e., even though fine sand has the highest density (2.91 g/cm^3) among the tested materials, when combined with dolomitic limestone (2.86 g/cm^3) and calcium silicate (2.66 g/cm^3), it heightens their adherence to the seed, consequently providing higher seed weights.

In terms of seeding uniformity, the increase in seed weight is a positive factor, as it favors precision seeding, allowing the seeds to be used by most mechanical seeders. However, even though the increase in seed weight is an important criterion in the evaluation of coating quality, this criterion should not be evaluated individually, since an increase in seed weight is directly linked to the final cost of the product and to the physiological quality of the seed (Acha et al., 2016).

The water content of the coated seeds is of fundamental importance for the evaluation of their quality and proper storage (Marcos Filho, 2015). The water content of seeds of the control treatments were 8.69% and 11.59%, for intact and scarified seed, respectively. After being coated, the seed moisture content was reduced in all treatments, being progressive with the increase of the number of layers. The lowest moisture content (4.33%) was observed in the treatment with 10 layers of silicate + sand. Thus, it can be stated that the time and temperature for seed drying during coating was efficient in all treatments tested.

Among the variables provided by GroundEye® within the “shape” group, it was selected those that least met the coating-quality criteria referring to the geometric traits, which are important for evaluating, classifying and standardizing the pellets formed by the different treatments. Area; maximum, minimum and contained diameters; and perimeter are the variables referring to seed geometry and which are responsible for describing the region occupied by the seed in the image plane. Guedes et al. (2011) evaluated the area, perimeter, maximum and minimum diameters, circularity and roundness of soybean grains and concluded that digital analysis is valid to determine the physical quality of grains when compared to manual evaluation methods.

All treatments were able to translate the increases provided in seed weight during coating into pellet size (Table 2). However, the treatments involving eight and 10 layers of sand + limestone stood out with the highest means for the selected variables, demonstrating the adhesion power of the sand + limestone + PVA glue combination.

As seen for 1,000-seed weight, the weight of coated seeds increased by 230, 180 and 190% in the sand + limestone, sand + silicate and sand treatments, respectively, when compared to the uncoated seeds, whose area was 0.036 cm². These gains were obtained in the treatments with 10 coating layers. Coating also increased the diameters and the perimeter as the number of layers was increased. Thus, the increases provided to seed weight after coating were reflected on pellet size (Table 2).

As coating thickness is increased, the perennial-soybean seeds gain protection against the attack of pests, both in the field and in storage, slowing the seed deterioration process (Gardarin et al., 2010). Thickness is an important factor also when aiming to add fertilizers, fungicides and other agricultural additives, which should be added at a certain distance from the embryo to prevent toxicity. However, it is not a coating criterion to be evaluated separately, and thus other parameters should be used as well.

Considering that the *area* variable refers to the amount of space occupied by the object's surface, that the diameters are based on the object's circumference and that perimeter is the sum of the entire contour of the two-dimensional object (TBIT, 2014), these variables are directly linked and are positively influenced by 1,000-seed weight ($r > 0.81$).

GroundEye[®] was efficient in determining the maximum and minimum diameters of coated *Stylosanthes* sp. and perennial-soybean seeds in the studies of Acha et al. (2016), Silva et al. (2017), Acha et al. (2018) and Xavier and Vieira (2018). These authors obtained significant increases for those variables with the different coating methodologies applied, which served as base for refining the technique applied in this experiment.

Correlation analysis between the variables *area*; *maximum*, *minimum* and *contained diameter*; *perimeter*; and *1,000-seed weight* provides precise information about the efficiency of the methodology in producing high-quality coating, which makes it possible to identify the best material and the proportion for adhesion. The analysis in GroundEye[®] indicates whether coating was able to change the initial seed shape, besides the possibility of rapidly and efficiently classifying and standardizing the pellets regarding their size, reducing the chances of errors made by the evaluator. Accordingly, interpreting these traits is essential for perfecting the coating technique, and this may result in the discard of treatments that do not meet the main objectives of seed coating, which are to change the size, shape and density of seeds.

For a reliable digital analysis of the traits represented by an image, one must make use of techniques that treat and eliminate false aspects that might be erroneously detected and interpreted. Among them, the fine-tuning variable is employed to reduce undesirable pixels; i.e., it is a process designed to reduce the form into a more simplified version (skeleton) while maintaining the essential characteristics of the original object, considering even small imperfections (Gonzalez; Woods, 2008; Artero; Tommselli, 2009; Russi et al., 2017). It is a variable that indicates how many adjustments were necessary to prepare the image of the object for a perfect analysis. Fine-tuning is negatively correlated ($p < 0.05$) with contour irregularity ($r = -0.97$) and positively correlated with contour deformation ($r = 0.87$). This result was observed when correlating the data of the thinning variable with contour irregularity and contour deformation in all treatments tested.

The data presented in Table 3 confirm this correlation, as was observed that the treatments with eight and 10 layers of sand + silicate provided significantly higher fine-

tuning values. These treatments led to lower contour irregularity and, consequently, a higher deformation index, when compared to the other treatments.

It is believed that the high thinning index for silicate + sand treatments is associated with the fact that it has low fixation compared to the other materials, probably due to the difference in particle size between silicate and sand, resulting in a higher number of “blurs” in the image.

Considering that contour irregularity defines the level of fine-tuning of the analyzed object (TBIT, 2014), when was interpreted the indices obtained by digital image analysis through GroundEye®, it was observed an inverse relationship between contour irregularity and the fine-tuning values. Thus, lower the contour irregularity values mean a greater need to adjust the object represented in the image. It indirectly assists the evaluation of coating quality, as it is associated with the thinning variable.

In terms of contour deformation, the difference in particle size between fine sand and calcium silicate possibly provided a coating in which the materials did not fit perfectly, requiring for greater image corrections. Given this information, in the treatments in which only sand and the sand + limestone combination was used, contour uniformity was superior to that obtained with sand + silicate, suggesting that these particles fit better during coating. This is because sand and limestone share the same particle size (0.25 mm), thus needing less fine-tuning to be better interpreted by the software and forming a coating with fewer “gaps” between the convex perimeter and the original perimeter.

The results obtained for fine-tuning, contour irregularity and contour deformation demonstrate that it is possible to evaluate the aesthetic result of the combinatory or non-combinatory action of the materials tested in coating. These are important criteria to be adopted when aiming at improved pellet finishing quality.

Attesting the quality of the lot of perennial-soybean seeds used, a GSI of 2.5 and a germination percentage of 25.5% were detected in laboratory conditions for the intact seeds. For the seeds scarified in sulfuric acid, GSI was 11.4 and germination percentage was 59.5%. In the greenhouse, the seeds achieved an ESI of 1.7% and an emergence percentage 26.5% (intact seeds); and an ESI of 4.1% and 51.5% emergence (scarified seeds). In both environmental conditions, chemical scarification showed to be efficient, breaking the integument dormancy specific to seeds of *Neonotonia wightii* (Acha et al., 2016).

In examining the influence of the treatments on the speed and formation of normal perennial-soybean seedlings in the laboratory and in the greenhouse (Figure 1 and 2), it

was observed that, in laboratory conditions, the maximum GSI and germination values achieved were 9.2 and 66%, respectively. In the greenhouse, the observed ESI and emergence percentage were 4.13 and 56%, respectively. For both conditions, those values refer to the treatment with six layers of sand.

The seeds coated with six layers were the lightest and smallest for all tested filler materials (Table 2). Thus, they possess a smaller barrier to be overcome during germination in comparison to the other treatment groups. In the specific case of treatment A6 (six layers of sand), the layer was more easily broken due to the particle size of sand, which reduces the adhesion of this material when in low amounts, especially in the scarified seeds, which have a smoother surface. For this reason, the A6 treatment resulted in coating with many imperfections and, consequently, a product of lower quality that did not meet the main purpose of seed coating, which is to increase its size.

Seed scarification is known to accelerate the soaking process, which at one point may cause alterations in the conformation and structure of the membrane system, influencing germination (Marcos Filho, 2015). Considering that the A6 treatment numerically exceeded (G= 66% and E= 56%) the values of normal seedlings achieved by the scarified-control seeds (G= 59.5% and E= 51.5%), it is believed that the treatment with six layers of sand provided an external protection to the seeds by controlling the water input, preventing the scarified seeds from suffering physiological damage that would be reflected in the formation of normal seedlings with the rapid water absorption.

The treatments of perennial-soybean seeds with sand + silicate stood out positively for germination (GSI) and formation of seedlings in laboratory conditions (%G), not differing statistically from the treatment with six layers of sand, which achieved the highest numerical values (Figures 2 and 3). Thus, the sand + silicate combination provided a coating in which the seeds managed to break the created barrier with greater ease, regardless of the amount of material tested in this study.

It is noteworthy that coating should not be an obstacle to root development or to the plant shoots, but rather be water-soluble and allow the passage of oxygen for natural embryo development (Santos et al., 2010). As observed by Xavier et al. (2015) in seeds of *Stylosanthes* cv. Campo Grande, the coating formed by layers of calcium silicate + sand in this study, in *Neonotonia wightii* cv. Comum, easily came apart when in contact with water, regardless of the number of layers tested. As such, this coating stood out positively.

Despite using larger proportions of filler materials and mechanically scarified seeds, unlike the methodology applied in the current study, Xavier and Vieira (2018) also

observed positive results in the germination of perennial-soybean seeds coated with calcium silicate alone, combined with sand and combined with activated coal. The authors found no statistical differences between the treatments.

The sand + limestone combination used in coating provided greater resistance to the pellets. Regardless the number of layers, this treatment tended to generate the lowest GSI, ESI and germination and emergence percentages (Figures 2 and 3), though not differing statistically from the treatments with 10 layers of sand. Considering that the portion and type of material used influence the diffusion of gases and water between the seed and the external environment (Nascimento et al., 2009), it can be stated that because sand and limestone share the same particle size (0.25 mm) and are denser, the increase in the number of sand + limestone layers also causes an increase in particle aggregation capacity and, with their perfect fit, a higher coating resistance is obtained. This makes it difficult for gas exchange.

Therefore, the sand + limestone combination (AC6, AC8 and AC10) and the use of 250 g of sand (A10) cause an impairment in water uptake. Consequently, low percentages of formed seedlings were achieved in comparison to the other treatments (Figures 2 and 3). These results were also observed by Xavier et al. (2015) and Santos et al. (2010) in seeds of *Stylosanthes* and *Brachiaria* grasses, respectively.

The values achieved in the coating treatments under different environmental conditions reveal a numerical decrease in the speed and formation of normal seedlings in the greenhouse compared to the number attained in laboratory. Given the reduced environmental control in a greenhouse (i.e. temperature and luminosity fluctuations, compared to the test conducted in laboratory, and how the emergence test was conducted [in trays with sand as a substrate]), it is believed that these variations delayed germination and seedling formation, since sudden changes in environmental conditions tend to deregulate the seed metabolism (Marcos Filho, 2015) and the use of sand as a substrate is another barrier to be overcome by the seedling.

The amount and material of filler used in seed coating did not significantly influence ($p < 0.05$) the growth of seedlings formed in the greenhouse after 90 days of sowing (Table 4). However, the treatment with six layers of sand stood out for the numerical gains obtained in shoot dry matter (2.91 g/pl) and root dry matter (5.54 g/pl) in relation to scarified-control treatment (1.36 g/pl and 4.30 g/pl, respectively for shoot and root dry matter). Thus, once again, the protective action of the seed coating is highlighted,

where the 6 layers of sand promote a slower soak to the seed, reducing damage to the cell membrane and thus favoring the emergence and formation of plants.

Despite not significantly differing from the other treatments, the combination of 10 layers of sand + limestone provided a 15% gain in shoot length and a 52% gain in root length when compared to the scarified-control treatment, which provided 1.36-cm and 16.97-cm-long shoots and roots, respectively. This result is believed to be related to the action of calcium on the plant metabolism, where it acts as an essential element that plays an important role in the division and elongation of plant cells (Ahmad et al., 2016).

It should be emphasized that all coating treatments resulted in higher root length values than the scarified-control treatment (16.97 cm) (Tabela 4). Xavier et al. (2015) examined the growth of *Stylosanthes* cv. Campo Grande plants originating from seeds coated with different materials, including the sand + calcium silicate and sand + limestone combinations, and observed no significant effects of the tested treatments. However, seed coating provided numerical gains in plant growth, when compared to control treatment.

To classify the coating quality, the evaluation criteria must be associated so that decisions are not made based solely on only one trait. It is emphasized that these criteria should represent the important physical and physiological traits for the evaluation of seed quality. Therefore, the geometric traits (area; maximum, minimum and corrected diameters; and perimeter) pertaining to pellet size obtained by GroundEye[®] were correlated (r) with the physiological variables (germination, GSI, emergence and ESI) evaluated in laboratory and greenhouse conditions (Table 5).

There was an inverse relationship between the physical and physiological variables; i.e., as the area, maximum, minimum and corrected diameter and perimeter increased, there was a significant decrease in germination and emergence percentages as well as in the speed of plant formation in laboratory (GSI) and greenhouse (ESI), for the treatments in which the seeds were coated with sand and sand + limestone. In the treatments involving sand + silicate, however, regardless of pellet size, there was no significant effect on the speed and formation of normal seedlings; i.e., sand + calcium silicate and the tested amounts of this combination did not significantly influence the physiological quality of the seeds when compared to the other treatments.

Despite not being an element essential to plants, calcium silicate is known to cause alterations in chemical composition, cell mechanical resistance, tolerance to abiotic stresses and attack of pathogens and pests, making the seed more vigorous (Rodrigues et

al., 2011). Therefore, silicate coating has great potential to be the base for the inclusion of fertilizers, insecticides and/or fungicides, thereby adding greater qualitative value to the seeds.

In coated seeds, the increase in seed size leads to reduced germination and emergence speed because the material deposited on the seed becomes a physical barrier that needs to be overcome (Acha et al., 2016). Thus, in the present study, GroundEye® was efficient in evaluate the quality of the cover through physical evaluations related to the characteristics of the contour and seed size. These variables were used to estimate the physiological quality of perennial soybean seeds coated with the different materials tested. As such, it is a satisfactory piece of equipment for researchers seeking to improve coating techniques and large-scale companies, as it provides high accuracy and speed assessments and is not destructive.

Upon the conclusion of assessments, it is observed that the combination of 10 layers of sand + silicate provided satisfactory results for seed coating quality, considering the 280% increase in seed weight, facilitating mechanical sowing; and the increase in seed thickness, with gains in area, diameters and perimeter, which increase seed protection and facilitate the application of agricultural additives. This treatment is thus of great relevance, as it did not significantly interfere with the speed and formation of seedlings in laboratory and greenhouse conditions, in addition to having provided numerical gains in root growth, when compared to the other coating treatments tested.

CONCLUSIONS

Digital image analysis is efficient in precisely determining the physical traits of coated seeds, regardless of the material used. The correlation between the physical and physiological variables reveals that the progressive increase in the size of seeds coated with sand and sand + limestone negatively influences the speed and formation of normal seedlings in laboratory and greenhouse conditions. The sand + calcium silicate combination in the amount of 250 g, split into 10 layers, is the most recommended material/quantity to coat seeds of perennial soybean.

Acknowledgments

CAPES, FAPERJ, UENF.

REFERENCES

- ACHA, A.J.; VIEIRA, H.D.; DE SOUZA, C.L.M.; DA SILVA, F.W.A. Methodology of applying different doses of boron and zinc in the coating of perennial soybean seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 26, n.5, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43968>
- ACHA, A.J.; VIEIRA, H.D.; FREITAS, M.S.M. Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. **African Journal of Biotechnology**, v.15, n.37, p. 1998-2005, 2016. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2016.15560>
- AHMAD, P.; ABDEL LATEF, A.A.; ABD ALLAH, E.F.; HASHEM, A.; SARWAT, M.; ANJUM, N.A.; GUCEL, S. Calcium and potassium supplementation enhanced growth, osmolyte secondary metabolite production, and enzymatic antioxidant machinery in cadmium-exposed chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Frontiers in Plant Science**, v.7, p. 1 – 12, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00513>
- ARTERO, A.O.; TOMMASELLI, A.M.G. Detecção e afinamento de bordas em direções previamente conhecidas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 2, p. 157 – 177, 2009. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=393937708001>
- BRASIL. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, snda/dndv/clav, 2009. 395p.
- DE MELO, L.F.; MARTINS, C.C.; DA SILVA, G.Z.; BONETI, J.E.B.; VIEIRA, R.D. Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 667-674, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160080>
- DERRÉ, L.O.; CUSTÓDIO, C.C.; AGOSTINI, E.A.T.; GUERRA, W.E.X. Obtenção das curvas de embebição de sementes revestidas e não revestidas de *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. **Colloquium Agrariae**, v.9, n. 2, p. 103-111, 2013. <http://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/937>
- GAMA, T.D.C.M.; VOLPE, E.; LEMPP, B.; COSTA GALDEIA, E. Recuperação de pasto de capim-braquiária com correção e adubação de solo e estabelecimento de leguminosas.

Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 14, n. 4, p. 635 – 647, 2013.
<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/2735>

GARDARIN, A.; DÜRR, C.; MANNINO, M.R.; BUSSET, H.; COLBACH, N. Seed mortality in the soil is related to seed coat thickness. **Seed Science Research**, v. 20, n. 4, p. 243-256, 2010. <https://doi.org/10.1017/S0960258510000255>

GUEDES, M.A.; MATA, M.E.R.M.C.; DUARTE, M.E.M.; FARIAS, P.A. Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n. 3, p. 279-294, 2011.
<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev133/Art1338.pdf>

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. Digital Image Processing. 2ed Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 2008.
<https://pdfs.semanticscholar.org/15bd/427a1a5f9bc57a7f67fb1b1fc85c5bb39f46.pdf>

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MARCOS FILHO, J. Deterioração de sementes. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. - Londrina – PR: ABRATES, 2015. 660p.

MEDEIROS, A.D., PEREIRA, M.D., SILVA, J.A. Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.3, p. 1-7, 2018. <http://doi:10.5039/agraria.v13i3a5540>

NASCIMENTO, W.M.; SILVA, J.B.C.D.; SANTOS, P.E.D.C.; CARMONA, R. Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 12-16, 2009.
http://cms.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/27_1/20092712.pdf

PINTO, C.A.G.; CARVALHO, M.L.M.D.; ANDRADE, D.B.D.; LEITE, E.R.; CHALFOUN, I. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015.
<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150011>

RODRIGUES, F.A.; OLIVEIRA, L.A.K.; KORNDORFER, A.P.; AND KORNDORFER, G.H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações agrônômicas**, n. 134, p. 14-20, 2011. <http://www.ipni.net/publication/IA-BRASIL.NSF/issue/IA-BRASIL-2011-134>

RUSSI, C.C.; ASSIS DA SILVA, F.; PEREIRA, D.R.; PAZOTI, M.A.; DE ALMEIDA, L.L.; ARTERO, A.O. Detecção do padrão de motricidade fina em pacientes com doença de parkinson a partir de imagens digitalizadas. **Colloquium Exactarum**, v. 9, n. 1, p. 33-44, 2017. <http://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/1971>

SANTOS, F.C.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V.R.; GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, A.R. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 69-78, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n3/v32n3a08.pdf>

SILVA, F.W.A.; VIEIRA, H.D.; BARONI, D.F.; MAITAN, M.Q.; ACHA, A.J. Germination Performance of Campo Grande (*Stylosanthes capitata / macrocephala*) stylers seeds coated with different layers of inert material. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 18, n. 4, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2017/36768>

SILVA, P.P.; FREITAS, R.A.; CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; NASCIMENTO, W.M. Análise de imagens no estudo morfológico e fisiológico de sementes de abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 210-214, 2014. http://cms.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/32_2/201432216.pdf

SOMRAT, N.; SAWADEEMIT, C.; VEARASILP, S.; THANAPORNPOONPONG, S.N.; GORINSTEIN, S. Effects of different binder types and concentrations on physical and antioxidant properties of pelleted sweet corn seeds. **European Food Research and Technology**, v. 244, n.3, p. 547-554, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2979-y>

TAMBARA, A.A.C.; SIPPERT, M.R.; JAURIS, G.C.; FLORES, J.L.C.; HENZ, É.L.; VELHO, J.P. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.39, n.3, p. 235-241, 2017. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.34661>

TBIT- Tecnologia e Sistemas. Manual de usuário do sistema de análise de sementes. Lavras – MG, 2014. 152p.

XAVIER, P.B.; VIEIRA, H.D. Physiological potential of seeds of perennial soybean cv. Comum coated with different materials. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1 – 12, 2018. <http://www.scirp.org/journal/ajps>

XAVIER, P.B.; VIEIRA, H.D.; GUIMARÃES, C.P. Physiological potential of stylosanthes cv. Campo Grande seeds coated with different materials. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p.117-124, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n4164209>

ZHANG, C.; SI, Y.; LAMKEY, J.; BOYDSTON, R.; GARLAND CAMPBELL, K.; SANKARAN, S. High-throughput phenotyping of seed/seedling evaluation using digital image analysis. **Agronomy**, v.8, n.5, p. 1-14, 2018. <https://doi.org/10.3390/agronomy8050063>

Table 1: Variables obtained in the digital image analysis using GroundEye®.

Variable	Definition	Formula
Fine-tuning	It is a process of reducing the amount of pixels in an image, which consists in removing all redundant pixels producing a new simplified image. (Gonzalez and Woods, 2008)	$Af = 4\pi \left(\frac{A}{p^2}\right)$ Where A is the area, P is the perimeter and 4π is the normalization factor.
Irregular contour	Sets the level of tuning of the object.	$T = \left(\frac{2.P}{P-PC}\right)^1$ Where P stands for perimeter and PC stands for convex perimeter.
Contour deformation	Detects and counts the amount of "gaps" between the convex perimeter and the original perimeter of an object.	
Area (cm ²)	Corresponding to the amount of space an object's surface has.	$A = \sum_{p \in R} 1$ Where p represents one image pixel and R represents object pixels.
Maximum diameter (cm)	It is the longest line that goes through the centroid.	
Minimum diameter (cm)	It is the shortest line that goes through the centroid.	
Contained diameter (cm)	It is the largest diameter of the circumference that fits within the object.	
Perimeter (cm)	It is the measure of the contour of a two-dimensional object, that is, the sum of all sides of a geometric figure.	2 (bh) – Rectangle $2 \pi r$ – Circle

Table 2. Digital analysis of coated perennial-soybean seeds by GroundEye® software. Area; maximum diameter (MAXD); minimum diameter (MIND); contained diameter (CONT); and perimeter

Treatments*	Area(cm²)	MAXD(cm)	MIND (cm)	CONT(cm)	Perimeter(cm)
A6	0.051 d ⁻¹	0.288 e	0.218 e	0.210 e	0.873 d
A8	0.062 bc	0.320 cd	0.238 cd	0.228 cd	0.967 c
A10	0.070 b	0.343 b	0.245 c	0.236 c	1.037 b
AS6	0.053 d	0.299 de	0.220 e	0.213 de	0.880 d
AS8	0.065 bc	0.327 bc	0.243 cd	0.239 bc	0.965 c
AS10	0.066 bc	0.328 bc	0.251 bc	0.246 bc	0.970 c
AC6	0.058 cd	0.308 cde	0.229 de	0.218 de	0.928 cd
AC8	0.079 a	0.365 a	0.263 ab	0.255 ab	1.087 ab
AC10	0.083 a	0.374 a	0.272 a	0.265 a	1.112 a
Intact seed	0.036	0.243	0.168	0.159	0.732
Scarified seed	0.036	0.250	0.163	0.156	0.736
CV%	5.54	2.78	2.78	3.04	2.68

*Control treatments: Intact and Scarified seeds. Scarified seeds with 6, 8 and 10 layers of sand (A6, A8 and A10); with 6, 8 and 10 layers of sand + calcium silicate (AS6, AS8 and AS10); and with 6, 8 and 10 layers of sand + limestone (AC6, AC8 and AC10).

⁻¹Means followed by the same letter in the column do not differ significantly between each other according to Tukey's test at the 5% probability level.

Table 3. Digital analysis of coated perennial-soybean seeds by GroundEye® software, describing fine-tuning, contour irregularity and contour deformation

Treatments*	Fine-tuning	Contour irregularity	Contour deformation
A6	0.840 cd ¹	0.029 ab	26.340 e
A8	0.838 cd	0.029 ab	27.816 de
A10	0.817 d	0.032 a	27.655 de
AS6	0.869 ab	0.023 c	33.349 bc
AS8	0.874 a	0.023 c	36.165 ab
AS10	0.880 a	0.023 c	36.665 a
AC6	0.839 cd	0.028 b	28.390 de
AC8	0.836 cd	0.028 b	30.550 cd
AC10	0.845 bc	0.027 b	31.736 c
Intact seeds	0.840	0.29	30.260
Scarified seeds	0.840	0.28	31.162
CV%	1.21	5.03	4.48

*Control treatments: Intact and Scarified seeds. Scarified seeds with 6, 8 and 10 layers of sand (A6, A8 and A10); with 6, 8 and 10 layers of sand + calcium silicate (AS6, AS8 and AS10); and with 6, 8 and 10 layers of sand + limestone (AC6, AC8 and AC10).

¹Means followed by the same letter in the column do not differ significantly between each other according to Tukey's test at the 5% probability level ($p < 0.05$).

Table 4. Plant growth parameters under greenhouse conditions, evaluated 90 days after sowing

Treatments*	Shoot Length (cm)	Dry Shoot Mass (g/pl)	Root Length (cm)	Root Dry Mass (g/pl)
A6	1.42 ± 0.38 ¹	2.91 ± 2.44	18.45 ± 0.97	5.54 ± 5.46
A8	1.28 ± 0.32	0.65 ± 0.31	18.59 ± 1.06	1.20 ± 0.68
A10	0.99 ± 0.21	0.20 ± 0.13	21.19 ± 2.74	0.32 ± 0.26
AS6	1.26 ± 0.32	1.86 ± 0.50	18.80 ± 0.79	3.49 ± 2.40
AS8	1.22 ± 0.39	2.27 ± 1.51	20.17 ± 3.93	2.12 ± 1.54
AS10	1.21 ± 0.29	1.42 ± 1.04	19.52 ± 1.58	2.28 ± 1.88
AC6	0.95 ± 0.66	2.22 ± 2.42	19.21 ± 1.70	2.89 ± 3.00
AC8	1.04 ± 0.31	0.28 ± 0.10	17.23 ± 4.95	0.52 ± 0.26
AC10	1.56 ± 0.53	0.69 ± 0.69	25.74 ± 8.27	0.78 ± 0.75
Intact seeds	1.09 ± 0.40	1.36 ± 0.55	18.06 ± 1.34	1.74 ± 0.92
Scarified seeds	1.36 ± 0.32	2.87 ± 1.71	16.97 ± 1.35	4.30 ± 2.27

*Control treatments: Intact and Scarified seeds. Scarified seeds with 6, 8 and 10 layers of sand (A6, A8 and A10); with 6, 8 and 10 layers of sand + calcium silicate (AS6, AS8 and AS10); and with 6, 8 and 10 layers of sand + limestone (AC6, AC8 and AC10).

¹Means ± Standard deviation (n = 4).

Table 5. Correlation analysis Person's (r) of the different tested materials, between the physical variables area, maximum diameter (MAXD), minimum diameter (MIND), corrected diameter (CORD) and perimeter; and the physiological variables germination (G), germination speed index (GSI), emergence (E) and emergence speed index (ESI)

Sand	G	GSI	E	ESI
Area	-0.870*	-0.855*	-0.778*	-0.814*
MAXD	-0.869*	-0.857*	-0.788*	-0.818*
MIND	-0.846*	-0.816*	-0.727*	-0.768*
CORD	-0.885*	-0.870*	-0.701*	-0.739*
Perimeter	-0.882*	-0.864*	-0.789*	-0.823*
Silicate + Sand	G	GSI	E	ESI
Area	0.215	0.175	-0.329	-0.393
MAXD	0.185	0.123	-0.301	-0.375
MIND	0.271	0.231	-0.294	-0.350
CORD	0.271	0.219	-0.295	-0.351
Perimeter	0.208	0.173	-0.331	-0.396
Limestone + Sand	G	GSI	E	ESI
Area	-0.839*	-0.807*	-0.597*	-0.652*
MAXD	-0.842*	-0.813*	-0.597*	-0.651*
MIND	-0.831*	-0.785*	-0.586*	-0.659*
CORD	-0.815*	-0.773*	-0.588*	-0.666*
Perimeter	-0.832*	-0.800*	-0.605*	-0.657*

*Significant according to Pearson's (r) test at the 5% probability level

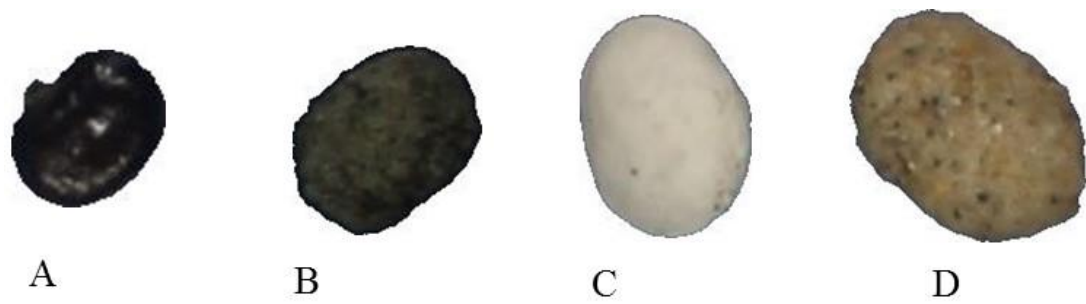


Figure 1. Perennial-soybean seeds. A) Intact Seed. B) Sand Coating – 10 layers. C) Silicate + Sand Coating - 10 layers. D) Limestone + Sand Coating – 10 layers.

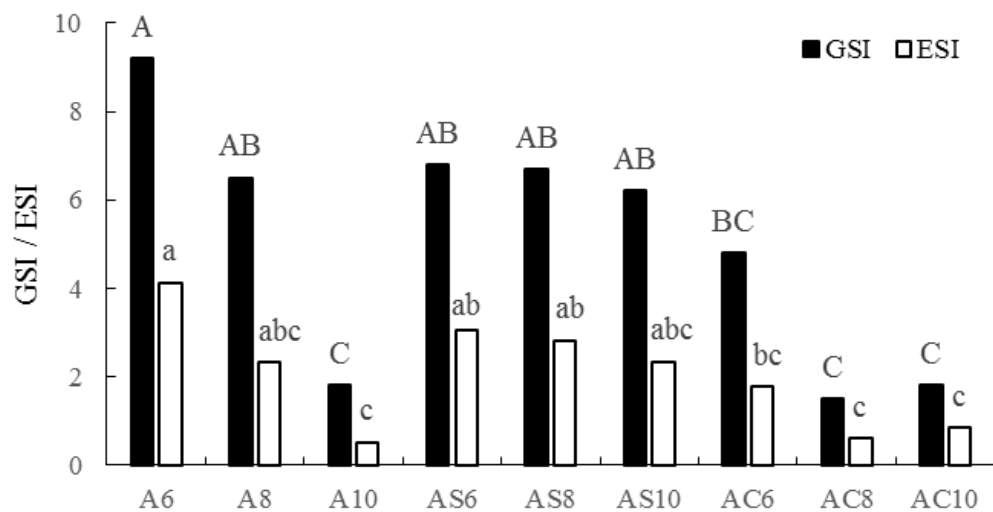


Figure 2. Germination Speed Index (GSI) of coated perennial-soybean seeds and seedling Emergence Speed Index (ESI). Scarified seeds with 6, 8 and 10 layers of sand (A6, A8 and A10); with 6, 8 and 10 layers of sand + calcium silicate (AS6, AS8 and AS10); and with 6, 8 and 10 layers of sand + limestone (AC6, AC8 and AC10).

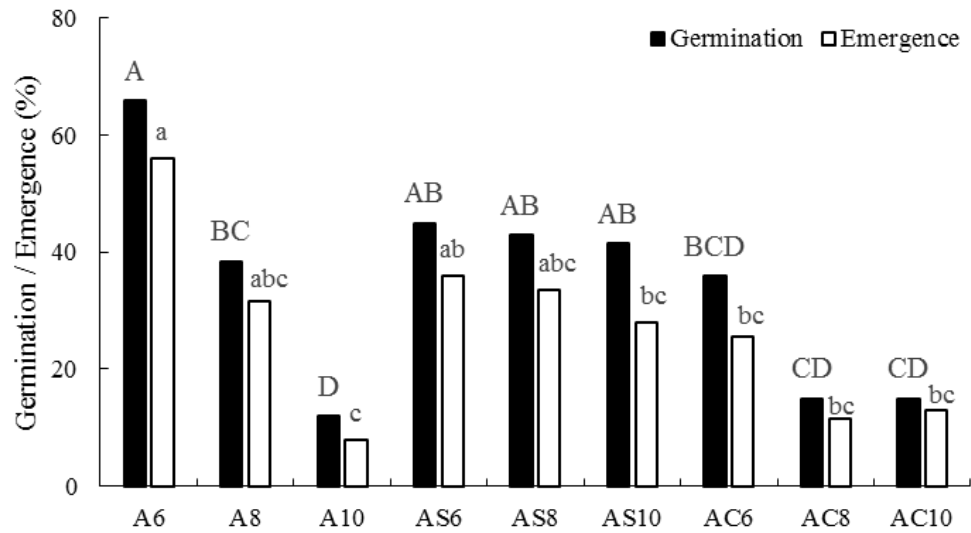


Figure 3. Germination percentage of coated perennial-soybean seeds and seedling emergence. Scarified seeds with 6, 8 and 10 layers of sand (A6, A8 and A10); with 6, 8 and 10 layers of sand + calcium silicate (AS6, AS8 and AS10); and with 6, 8 and 10 layers of sand + limestone (AC6, AC8 and AC10).

3.2. REVESTIMENTO DE SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* cv. MG5 COM BORO E ZINCO: QUALIDADE FISIOLÓGICA E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

RESUMO

O uso da *Brachiaria brizantha* cv. MG5 nas pastagens tem aumentado devido a necessidade de intensificar os sistemas de produção de forragem, para obter maiores incrementos na produtividade e qualidade produzida. O B e Zn são essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, mas são deficientes nos solos brasileiros. Com o objetivo de melhorar a qualidade física e química das sementes de braquiária e assim auxiliar a produção pecuária, foram testadas doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) durante o recobrimento das sementes com silicato de cálcio e areia, utilizando uma drageadora. Em seguida, as sementes foram avaliadas quanto a qualidade física, fisiológica e o crescimento inicial das plantas. Com as análises, afirma-se que a metodologia de recobrimento foi eficiente em promover ganhos à massa das sementes de até 320%. O uso de 10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes, não afetou a qualidade fisiológica das sementes e favoreceu o crescimento das plantas, estando aptas a serem testadas na implantação de pastagens. Já as combinações de 25 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes e 25 g H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes, reduzem o vigor das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, não sendo indicadas para revestimento dessas sementes.

Palavras-chave: Ácido bórico, Sulfato de zinco, Recobrimento.

ABSTRACT

The use of *Brachiaria brizantha* cv. MG5 in pastures has increased due to the need to intensify forage production systems, in order to obtain greater increases in biomass productivity and produced quality. B and Zn are essential for plant growth and development, but are deficient in Brazilian soils. In order to add value to brachiaria seeds and assist livestock production, doses of H_3BO_3 and $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ were tested during the covering of the seeds with calcium silicate and sand, using bench-top seed coating machine. Then, the seeds were evaluated for physical, physiological and initial plant growth. With the analyzes, it is stated that the covering methodology was efficient in promoting gains in seed mass of up to 320%. The use of 10 g H_3BO_3 + 5 g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ of seeds, did not affect the physiological quality of the seeds and favored the growth of the plants, being able to be tested in the implantation of pastures. The combinations of 25g H_3BO_3 + 5 g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ of seeds and 25 g H_3BO_3 + 15 g of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ of seeds, reduce the vigor of the seeds of *Brachiaria brizantha* cv. MG5, not suitable for coating these seeds.

Keywords: Boric acid, Zinc sulphate, Coating.

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem a maior parte de seu rebanho criado a pasto, sendo considerada uma maneira prática e econômica para a alimentação de bovinos, proporcionando custos reduzidos de produção (Dias Filho, 2014; Rezende et al., 2011). Segundo informações obtidas do Censo Agropecuário Brasileiro, o uso das terras nacionais destinadas à pastagem se aproxima de 160 milhões de hectares (IBGE, 2019).

Com a necessidade de intensificar os sistemas de produção de forragem, para obter maiores incrementos na produtividade de biomassa e qualidade produzida, o uso da *Brachiaria brizantha* cv. MG5 nas pastagens é vantajoso, pois possui alto valor nutritivo, alta produção de forragem, rápida rebrota após o

pastejo, alta produtividade anual, boa adaptação a solos de fertilidade média e boa resposta à adubação (Carvalho et al., 2014).

A produtividade das pastagens está ligada a diversos fatores, entre eles a qualidade das sementes utilizadas, que envolve as características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias. De acordo com Macedo et al. (2005), o custo com sementes para implantação de uma pastagem, representa cerca de 7% a 10% do custo total, dessa forma o uso de sementes de baixa qualidade pode acarretar prejuízos significativos.

Para se alcançar o máximo potencial de produção de uma planta forrageira na pastagem, é necessário que as condições de temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de nutrientes e manejo fornecidos, sejam adequados. De acordo com Oliveira et al. (2015), a nutrição das plantas é, seguramente, um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forragem.

Devido a causas naturais e também a modificações do meio pelo homem, a maioria dos solos brasileiros é deficiente em micronutrientes. O boro (B) e o zinco (Zn) são micronutrientes considerados essenciais às plantas, cuja deficiência ou toxicidade causa prejuízos em vários processos metabólicos e fisiológicos (Tavallali, 2017). Esses elementos são exigidos em baixas quantidades, o que acaba dificultando uma distribuição uniforme na área de cultivo. Assim, o recobrimento das sementes com micronutrientes torna-se uma alternativa promissora, contribuindo para a germinação, emergência e estabelecimento das plântulas no campo, atendendo principalmente à fase inicial de crescimento da planta (Acha et al., 2016).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi alterar as características físicas e químicas das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, por meio do recobrimento com silicato de cálcio e areia, adicionando doses de ácido bórico e sulfato de zinco, a fim de melhorar a qualidade fisiológica dessas sementes e o crescimento inicial das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas instalações do Laboratório de Fitotecnia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. As sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, safra 2017/2018 eb lote 17/18.00088 foram adquiridas comercialmente e passadas em um soprador para retirada de palhas e sementes vazias.

Escarificação química –

As sementes selecionadas foram submetidas à escarificação química, antes de serem recobertas. Após testes prévios, a escarificação foi realizada em porções de 50 gramas de sementes que foram imersas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos e em seguida lavadas em água abundante e postas para secar em temperatura ambiente.

Recobrimento –

A metodologia utilizada para o recobrimento das sementes de braquiária, foi adaptada da técnica utilizada por Acha et al. (2016) em sementes de *Neonotonia wightii*. Sendo assim, foi utilizada uma drageadora de bancada modelo N10 Newpack, regulada de forma que a cuba girasse a 75% da rotação máxima (64,5 rpm) e que a solução adesiva fosse acionada à pressão de quatro bar, por dois segundos. O soprador de ar quente também foi regulado de forma que permanecesse ligado por três minutos à temperatura de 50°C.

O recobrimento das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 foi feito em camadas, formadas por duas porções de 12,5 gramas de material de enchimento e dois jatos de material adesivo, cola Cascorez® Extra à base de acetato de polivinila (PVA) diluída em água previamente aquecida a 70°C, na proporção de 1:2 (v/v), respectivamente.

Amostra de 100 g de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, previamente escarificadas em duas subamostras, foi posta na cuba da drageadora juntamente com uma porção de material de enchimento (12,5g). Em seguida foi aplicado um jato da solução adesiva e a massa de sementes ficou rolando na cuba por um minuto, após esse período foi aplicado mais um jato de cola e outra porção (12,5 g) de material de enchimento. O soprador de ar quente

foi acionado, finalizando a formação da primeira camada. As camadas seguintes foram iniciadas com um jato de solução adesiva seguido de uma porção de material de enchimento, logo após outro jato de solução adesiva e então, posta a segunda porção do material de enchimento, em seguida o soprador de ar quente foi acionado finalizando a camada. Este procedimento foi repetido até que as camadas programadas estivessem completas.

Tratamentos –

As sementes de braquiária foram revestidas com silicato de cálcio + areia fina (0,25 mm) na proporção de 7:1 (g/g), de maneira que 250 gramas desta mistura de enchimento resultaram em 10 camadas de recobrimento.

Tendo como referência as doses de ácido bórico e sulfato de zinco utilizadas por Acha et al. (2016) em sementes de soja perene, foram testados 11 tratamentos independentes, divididos em: controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**); além dos tratamentos com adição de doses (em g.kg⁻¹ de sementes) de ácido bórico (H₃BO₃) e sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O), individuais e combinadas: 20 g de H₃BO₃ (**T1**); 50 g de H₃BO₃ (**T2**); 10 g de ZnSO₄.7H₂O (**T3**); 30 g de ZnSO₄.7H₂O (**T4**); 10 g de H₃BO₃ + 5 g de ZnSO₄.7H₂O (**T5**); 10 g de H₃BO₃ + 15 g de ZnSO₄.7H₂O (**T6**); 25 g de H₃BO₃ + 5 g de ZnSO₄.7H₂O (**T7**); 25 g de H₃BO₃ + 15 g de ZnSO₄.7H₂O (**T8**).

Para os tratamentos que receberam adição do fertilizante ácido bórico (H₃BO₃ - 17% de B) e sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O - 20% de Zn), estes foram previamente macerados e passados em peneira de 0,25 mm, para então serem pesados e misturados nas porções de material de enchimento referentes a quinta camada de recobrimento (Acha et al., 2018). Seguindo a mesma metodologia de recobrimento relatada.

Ao final do revestimento as sementes revestidas foram passadas em peneiras de crivo redondo de 5 mm, sendo descartados os péletes maiores que esse diâmetro. Deste modo, os péletes selecionados foram submetidos a avaliações físicas e fisiológicas em condições de laboratório e casa de vegetação.

Laboratório

Em condições de laboratório, inicialmente foi realizado o teste de umidade das sementes revestidas pelo método de estufa a 105°C e massa de mil

sementes utilizando 8 repetições de 100 sementes, baseado nas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Em seguida, a fim de determinar a porcentagem e velocidade de formação de plântulas normais, os testes de germinação e emergência foram conduzidos em um delineamento inteiramente ao acaso, e de cada tratamento testado foram retiradas quatro repetições de 50 sementes. Para o teste de germinação, as sementes ao serem dispostas em rolos de papel umedecidos com água, receberam por aspersão, fungicida Orthocid na concentração 0,2%. Já para o teste de emergência, as sementes foram semeadas a 1 cm de profundidade em areia de textura grossa lavada em água, tendo como recipiente caixinhas plásticas com capacidade de 800 mL. Desta forma, os testes foram acondicionados em câmara de germinação (BOD) cuja temperatura alternada foi de 20-35°C, com oito horas de luz e dezesseis horas de escuro por 21 dias, onde diariamente foi mantida a umidade dos substratos e realizada a contagem de sementes que emitiram radícula (germinação) e epicótilo (emergência), ambos a partir de 1 cm de comprimento, para assim determinar o índice de velocidade de germinação (IVG) e emergência (IVE), respectivamente (Maguire, 1962; Brasil, 2009).

Em laboratório também foi realizado, conforme metodologia descrita por Nakagawa (1999), o teste de vigor das sementes baseado no desempenho ou desenvolvimento das plântulas. Sendo então, testadas quatro repetições de 20 sementes de cada tratamento, dispostas em rolo de papel e acondicionadas em câmaras de germinação na temperatura de 20-35°C por 21 dias. Ao final do teste, foram selecionadas aleatoriamente 10 plântulas para avaliação do comprimento da raiz principal, e o resultado expresso em cm.planta⁻¹.

Casa de Vegetação

Em casa de vegetação, no período de junho a agosto de 2019, o teste foi conduzido em vasos de plástico com capacidade de 5L, preenchidos com substrato areia de textura grossa previamente lavada em água. O experimento foi delineado em quatro blocos ao acaso, onde cada tratamento foi composto por cinco vasos identificados, que receberam 10 sementes. No período de 30 dias, diariamente, foram realizadas até 2 irrigações, a contagem de plântulas emergidas (IVE) e coleta das temperaturas mínima e máxima da casa de vegetação. Ao final de 30 dias, foram deixadas até 5 plantas em cada vaso e as

demais desbastadas, cuja seleção se deu em priorizar as plantas mais vigorosas. Dando sequência, o ensaio foi conduzido até 80º dia após o semeio, recebendo irrigações diárias e no intervalo de 48 horas recebiam 300 mL de solução nutritiva Hoagland (Hoagland e Arnon, 1950), com 25% da força iônica. Destacando que esta solução foi preparada sem adição de H_3BO_3 e $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, fertilizante adicionado no preparo da solução de micronutrientes como fontes de boro e zinco para as plantas.

Finalizando o trabalho em condições de casa de vegetação, as plantas foram retiradas dos vasos e lavadas em recipientes com água em uma pré-limpeza e levadas para laboratório em sacos de plástico identificados, onde foi realizada, de fato, a limpeza. Em seguida, foi realizada a avaliação da parte aérea e raiz, o comprimento com o auxílio de régua milimetrada e, massa seca com uso de estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e balança de precisão (Acha et al., 2016).

Análise nutricional – B e Zn

A determinação dos teores de B e Zn nas sementes, na parte aérea e nas raízes das plantas desenvolvidas na casa de vegetação, foi realizada por meio da digestão nítrica (Peters, 2005) e leitura no ICPE – 9000. Seguindo o protocolo de digestão, foi utilizado material seco em estufa a 65°C por 72 horas e passado no moinho, em seguida, pesadas quatro repetições de 100 mg de cada tratamento.

Estatística

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors) e homocedasticidade (Bartlett e Cochran), não havendo necessidade de transformação dos mesmos, podendo então seguir com a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAEG.

RESULTADOS

As sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas tiveram o teor de água reduzido, significativamente, quando comparadas com as sementes sem revestimento, representadas pelos tratamentos CI e CA (Figura 1). Entre os

tratamentos revestidos, a umidade se manteve estável independente das doses de fertilizante adicionadas.

Na Figura 1, é possível observar que todos os tratamentos testados foram capazes de aumentar a massa das sementes, alcançando ganho aproximado de até 320% (T8) quando comparado com o tratamento CA. Nos tratamentos com doses apenas de ácido bórico (T1 e T2) e sulfato de zinco (T3 e T4), analisando de forma isolada esses tratamentos, observa-se que houve redução significativa na massa das sementes com o aumento na dose do respectivo fertilizante. Já nos tratamentos de H_3BO_3 e $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ combinados (T5, T6, T7 e T8), a massa das sementes tendeu a aumentar.

Na Figura 1, também é possível observar que ao final do revestimento a umidade das sementes foi reduzida à faixa de 4%.

Com relação ao teor de B e Zn das sementes após o revestimento, na Figura 2, é evidente o aumento desses micronutrientes quando as doses dos fertilizantes adicionados foram aumentadas. Nota-se também, uma redução proporcional dos teores desses elementos nos tratamentos em que as doses de ácido bórico e sulfato de zinco foram reduzidas para serem combinadas. Desses, destacam-se os tratamentos que receberam a menor dose de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T5 e T7) e observa-se que os teores de Zn em ambos os tratamentos não diferem significativamente. Da mesma forma, os teores de B não alcançaram diferenças significativas quando utilizadas 25 g de H_3BO_3 kg^{-1} sementes (T7 e T8).

Associando o teor de B e Zn presentes nos fertilizantes H_3BO_3 (17%) e $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (20%), respectivamente, e o teor presente nas sementes ao final do revestimento, a taxa de aderência de B e Zn se manteve uniforme independente das doses de fertilizantes adicionadas, quando avaliadas separadamente (Figura 3). Nota-se que para o B, a taxa de aderência variou de 7% a 13%, aproximadamente. Já para o Zn, a variação entre os tratamentos que receberam sulfato de zinco, foi em torno de 27% a 34%. Com isso, se torna claro que em todos os tratamentos testados a taxa de aderência do Zn foi superior à taxa de aderência do B, quando comparados entre si.

Quanto à qualidade fisiológica do lote de sementes utilizado, observa-se na Figura 4 que a germinação das sementes intactas (CI) estava próxima a 58%, quando avaliado em rolo de papel e 37% quando em areia, ambas nas condições

de laboratório, não havendo diferença significativa das sementes que foram escarificadas quimicamente (CA).

Com relação ao tratamento CA, após serem revestidas e postas para germinar em rolo de papel em condições de laboratório, as sementes de braquiária não sofreram mudanças significativas na porcentagem de germinação, exceto os tratamentos T7 e T8 (Figura 4). Nas mesmas condições ambientais, os tratamentos T7 e T8 mais o tratamento T2 quando semeados em areia, também tiveram sua emergência reduzida significativamente com relação ao CA. O T8 se destaca de forma negativa nos dois substratos, proporcionando maior redução na germinação e na emergência, em torno de 35 e 30 pontos percentuais, respectivamente, comparado ao CA.

De acordo com a Figura 5, o substrato areia atrasa a velocidade de formação das plântulas em todos os tratamentos testados (IVE). Nota-se também, que a escarificação química das sementes de braquiária acelerou de forma significativa a germinação das sementes sem revestimento em rolo de papel, mas em areia não foi expressiva a diferença. De maneira geral, observa-se que o vigor das sementes em ambos os substratos se deu da mesma forma, ou seja, nas duas condições testadas os tratamentos T0 e T3, se destacaram numericamente com o maior IVG e IVE, de forma contrária ao resultado alcançado pelo tratamento T8. Na mesma Figura 5 o crescimento de raiz foi expresso de maneira similar à velocidade de formação das plântulas, com picos mais baixos para maiores doses de fertilizantes.

O crescimento da raiz principal não diferiu de forma significativa quando comparado os tratamentos T0 e T5 com o tratamento CA (Figura 5). Já os tratamentos com as maiores doses de H_3BO_3 (T2) ou $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T4), causaram uma redução significativa nesta variável quando comparado com o CA e T0.

Em casa de vegetação, durante o período de avaliação da emergência (30 dias), a temperatura máxima registrada foi de 37°C e a mínima de 15°C. Nessas condições, as sementes do tratamento CI alcançaram as maiores porcentagens de emergência (Figura 6), seguido pelos tratamentos T0, T3, T4 e T5, não havendo diferença significativa entre esses. O Tratamento CA alcançou média de emergência significativamente inferior ao tratamento com sementes

intactas. Esse mesmo tratamento foi superior apenas aos tratamentos revestidos com sulfato de zinco combinados com 25 g de $\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ sementes (T7 e T8).

A resposta das sementes revestidas de braquiária em casa de vegetação se deu de forma mais rápida (IVE) para os tratamentos T0, seguido dos tratamentos T3 e T4 e o tratamento com T5, não diferindo do tratamento CI (Figura 6). Nota-se também que a presença do ácido bórico no revestimento das sementes de braquiária tendeu a reduzir o IVE, comparado com os demais tratamentos.

Com o resultado da análise nutricional das plantas de braquiária conduzidas em casa de vegetação (Figura 7), nota-se que não houve diferença significativa para os teores de boro e zinco na parte aérea das plantas, em nenhum dos tratamentos testados. No entanto, fica claro que o acúmulo de zinco na parte aérea das plantas é superior ao de boro. Já nas raízes das plantas, o acúmulo de B e Zn foi maior do que na parte aérea.

As plantas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 oriundas das sementes revestidas e crescidas em condições de casa de vegetação (Figura 8), alcançaram a média de aproximadamente 70 cm de comprimento da parte aérea, comprimento de raiz superior a 37 cm, massa seca de parte aérea e raiz em torno de 7 e 14 g.planta⁻¹, respectivamente. O tratamento responsável por promover estes valores de máximo crescimento, foi o revestimento que recebeu 10 g H_3BO_3 + 5 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$ sementes (T5), não diferindo estatisticamente dos tratamentos controle, sem e com revestimento.

Para todas as variáveis de crescimento analisadas (Figura 8), os tratamentos testados com as combinações mínimas (T5) e máximas (T8) de ácido bórico e sulfato de zinco, diferem significativamente entre si.

DISCUSSÃO

Na Figura 1, pode ser afirmado que o tempo e temperatura de secagem definidos para a confecção dos péletes foram eficientes para formar um recobrimento seco. Sendo considerada uma característica importante na qualidade do recobrimento, já que o alto teor de água pode promover durante o manejo a desintegração da cobertura depositada sobre as sementes e afetar a

qualidade fisiológica da semente no período de armazenamento (Carvalho e Nakagawa, 2012).

A metodologia de revestimento aplicada neste trabalho também foi eficiente em aumentar a massa das sementes de braquiária (Figura 1), o que favorece a precisão e uniformização na semeadura (Santos, 2016). Todavia, nas condições testadas deve-se atentar para a quantidade de fertilizante adicionado individualmente ao revestimento para evitar maior perda de material. Pois, acredita-se que o excesso de partículas iguais impede, principalmente, a fixação do material de enchimento (silicato de cálcio + areia), consequentemente reduzindo a massa das sementes mesmo com o aumento de fertilizante adicionado. Já com relação ao teor de B e Zn das sementes revestidas (Figura 2), o aumento ou a redução das doses de H_3BO_3 e $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ foi refletido nos teores desses micronutrientes de forma proporcional à dose adicionada. Deixando claro que a maior perda durante o processo de revestimento foi do material de enchimento. Esses fatos podem ser explicados pela teoria relatada por McGearry (1961), de que um objeto está bem revestido quando a proporção e o tamanho das partículas são adequados, favorecendo o encaixe perfeito dessas.

A taxa de aderência dos micronutrientes B e Zn não foi coerente com a proporção de doses testadas no presente estudo, ou seja, mesmo as doses de H_3BO_3 tendo sido maiores, a taxa de aderência do Zn foi superior (Figura 3). Acredita-se que esse fato está relacionado à densidade dos fertilizantes, ou seja, o $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ possui densidade igual a $1,97 \text{ g/cm}^3$ enquanto o ácido bórico $1,44 \text{ g/cm}^3$. Sabe-se que a densidade é a relação entre a massa e o volume de determinado material (Viana et al., 2017). Assim, quanto menor a densidade de um material maior será o espaço por ele ocupado. Associando esse fato ao H_3BO_3 que tem menor densidade, com a rotação da cuba da drageadora ele se tornou um material de fácil dispersão e adesão nas paredes da cuba devido ao seu maior volume. Enquanto a maior densidade do $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ facilitou a sua fixação às sementes, por meio da solução adesiva. De acordo com o trabalho realizado por Acha et al. (2018) em sementes de *Neonotonia wightii*, a técnica de adicionar durante o revestimento H_3BO_3 e $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ em uma única camada, favorece a aderência do Zn devido a densidade do $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ser maior do que a do H_3BO_3 , fato não observado pelos autores ao distribuir esses elementos em diferentes camadas do revestimento.

Assim como em diversas forrageiras, a dormência é uma característica das sementes de *Brachiaria brizantha* (Lago e Martins, 1998). Ela pode estar associada a causas fisiológicas ou a barreiras no tegumento que impedem as trocas gasosas, devendo ser rompida para que ocorra uniformidade de germinação e emergência (Carvalho e Nakagawa, 2012). Segundo Romani e Carvalho (2016), o tratamento com H_2SO_4 é indicado para quebra de dormência dessas sementes. Contudo, no presente estudo não houve diferença significativa entre as sementes intactas (CI) e escarificadas quimicamente (CA), nas variáveis germinação e emergência (Figura 4). Assim, pode ser afirmado que as sementes da safra 2017/2018 adquiridas comercialmente, não estavam dormentes no período de elaboração dos trabalhos. Porém, para garantir a invariabilidade na formação das plantas oriundas dos péletes criados, todas as sementes foram escarificadas com H_2SO_4 antes de serem revestidas. Além disso, no trabalho de Custódio et al. (2011), os autores afirmam que a escarificação química das sementes *Brachiaria brizantha* cv. Marandu antes de serem peletizadas proporcionou a essas sementes condições de melhor desempenho com o aumento da restrição hídrica, atribuindo essa vantagem à menor necessidade de água destas sementes para hidratação, pois apresentam menos tecidos para serem hidratados.

Durante a germinação, o processo de embebição permite que as sementes absorvam o boro de forma passiva. No entanto, durante a germinação as sementes não possuem mecanismos fisiológicos suficientes para controlar a entrada desse micronutriente, que em alta concentração é absorvido a ponto de causar fitotoxidez, provocando danos fisiológicos ou até mesmo a morte do embrião (Pessoa et al., 2000; Silva-Matos et al., 2017). Dessa forma, acredita-se que o principal motivo da baixa porcentagem de germinação e emergência nos tratamentos T7 e T8 tenha sido o efeito osmótico causado pelo sal H_3BO_3 . Assim como a resposta negativa do tratamento T2 em areia (Figura 4). Portanto, diferente dos demais, esses tratamentos não atendem as características de um bom recobrimento de sementes, pois a diminuição e atraso na formação de plântulas normais levam a desuniformidade da lavoura e, conseqüentemente, reduz a produtividade. Da mesma forma Farooq et al. (2011) observaram que sementes de arroz tratadas em solução com 0,5% de B, relativamente

concentrada, suprimiram completamente a germinação e o crescimento das plântulas.

Durante as etapas da germinação, o material depositado sobre as sementes se torna uma barreira física a ser rompida. Por isso, o material de recobrimento deve ter boa solubilidade em água, a fim de reduzir ou até mesmo não causar atrasos na emissão da radícula. Na Figura 5, fica claro que o material de revestimento e as doses de fertilizante utilizados não prejudicaram de forma significativa o IVG e IVE, com exceção dos tratamentos T7 e T8, acreditando que o excesso de sal tenha promovido atraso na absorção de água pelas sementes. Enquanto os tratamentos T0 e T3 proporcionam até maior IVG ao permitirem às sementes uma embebição controlada, pois caso não seja, pode causar danos fisiológicos à membrana celular (Derré et al., 2013; Bianchi et al., 2016).

As sementes semeadas em areia responderam de forma retardada comparado as sementes analisadas em rolo de papel, podendo ser afirmado que o substrato areia se torna mais uma barreira física às sementes independente de estarem revestidas ou não. Já os tratamentos T7 e T8, além do substrato areia, receberam também o excesso de sais no recobrimento, fatores que juntos intensificaram a redução do IVE (Figura 5).

O crescimento de raiz em condições ideais de germinação, também é uma variável que indica vigor (Nakagawa, 1999). Desta forma, os resultados indicam que a combinação das menores doses de ácido bórico e sulfato de zinco (T5) não foram prejudiciais ao vigor das plantas, assim como o tratamento que não recebeu doses de fertilizante (T0) (Figura 5). Com isso, tem-se um revestimento de alta qualidade, cujas sementes podem ser semeadas, com doses dos micronutrientes, sem gerar prejuízos ao desenvolvimento radicular das plantas. Mas, o mesmo não aconteceu com as doses maiores de fertilizante, pois acredita-se que a alta concentração de sais solúveis tenha causado um desequilíbrio fisiológico levando a redução do crescimento radicular, como Hasan e Miyake (2017) observaram em plantas de milho em condições de estresse salino.

A escarificação das sementes permite que o tegumento se torne, totalmente, permeável e que ao serem postas em condições adequadas de germinação possam iniciar as fases de embebição (Marcos Filho, 2015). Sabendo que as condições ambientais influenciam a absorção de água pelas sementes,

variações de temperatura não controladas em condições de casa de vegetação podem ter provocado uma entrada muito rápida de água nas sementes escarificadas sem revestimento (CA), ocasionando danos às membranas (Figura 6). Esses danos ocorrem em função de não haver tempo de as membranas se reorganizarem para a conversão do estado de gel ao estado cristalino-líquido, durante a embebição causando distúrbios fisiológicos e decréscimo no potencial de germinação (Ferreira e Borghetti, 2004). Porém, nota-se que esse efeito prejudicial pode ser reduzido com o revestimento das sementes, que garante uma hidratação uniforme mesmo na presença de sais solúveis.

Derré et al. (2013) afirmaram ao construírem a curva de embebição de sementes revestidas e não revestidas de *Urochloa*, que a lenta absorção de água das sementes revestidas pode restringir a germinação ou pode ser vantajoso, caso observado no presente estudo. Das sementes revestidas, apenas os tratamentos T7 e T8 alcançaram a taxa de emergência e IVE inferiores ao controle sem revestimento escarificado (CA), mostrando que o efeito da concentração de sal foi mais danoso do que a rápida absorção de água para as sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 (Figura 6).

Existe diferença nos teores de B e Zn nas sementes revestidas (Figura 2), porém esses micronutrientes não diferiram na parte aérea das plantas originadas dessas sementes 80 dias após o semeio, incluindo os tratamentos sem adição desses elementos (Figura 7). Com isso, afirma-se que a absorção de B e Zn pelas plantas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 originadas das sementes revestidas com fertilizante, não foi significativamente maior do que precisavam para a fase que se encontravam, acumulando uma grande parte nas raízes. Esse fato ocorre quando a taxa do seu suprimento é maior do que sua absorção (Zare et al., 2018). No trabalho de Acha et al. (2018), os autores também observaram que as doses altas de H_3BO_3 e $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ adicionadas às sementes de *Neonotonia wightii*, não influenciaram significativamente no crescimento inicial das plantas.

No entanto, sabe-se que o B e Zn são considerados elementos essenciais às plantas, cuja deficiência ou toxicidade causa prejuízos em vários processos metabólicos e fisiológicos (Tavallali, 2017), então, ter esses micronutrientes disponíveis às plantas quando necessitarem é um benefício de utilizá-los no revestimento de sementes.

Na planta, o B é um elemento absorvido por fluxo de massa e de baixa mobilidade no floema na maioria dos vegetais. Dessa forma, a redução no transporte de água pode reduzir o acúmulo de B (Yamada, 2000; Mattiello et al., 2009). Em um estudo recente com plantas de *Arabidopsis*, os autores Macho-Rivero et al. (2017), relatam que a toxicidade de B leva a uma rápida diminuição da taxa de transpiração das plantas, o que poderia ser um mecanismo para limitar o transporte de excesso de B da raiz para a parte aérea. Com esse resultado, acredita-se na ocorrência de um mecanismo de ajuste das relações hídricas das plantas para restringir o acúmulo de B nos tecidos em resposta à sua toxicidade (Macho-Rivero et al., 2018). Justificando então, os teores de Zn serem maiores do que o de B na parte aérea das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 (Figura 7).

De acordo com Marschner (1995), os efeitos fisiológicos dos nutrientes nas plantas não podem ser avaliados separadamente, pois ocorrem interações entre os nutrientes que podem afetar a fotossíntese, respiração, utilização e translocação de carboidratos. Acredita-se que a ação conjunta do silicato de cálcio presente no revestimento das sementes, combinado com 10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ (T5) favoreceu numericamente o crescimento das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 (Figura 8), não trazendo prejuízos ao vigor ao serem comparadas com as plantas dos tratamentos sem revestimento (CI e CA). Atendendo assim o objetivo do revestimento de sementes, ou seja, combinações que venham agregar valor às sementes, mas que não prejudiquem o vigor e desenvolvimento das plantas.

O revestimento constituído no presente estudo para as sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, além dos benefícios proporcionados pelos micronutrientes B e Zn que estarão prontamente disponíveis às plantas, traz também a ação benéfica do silício, por meio do silicato de cálcio. Sendo eles: o poder de alcalinizar o meio e reduzir absorção de metais pesados como alumínio; em gramíneas, mantém as folhas mais eretas, aumentando a penetração da luz, diminuindo a transpiração excessiva, além de aumentar a resistência ao acamamento; capacidade de aumentar o conteúdo de clorofila das folhas e a tolerância das plantas aos estresses ambientais (Epstein e Bloom, 2006; Castagnara et al., 2012).

CONCLUSÃO

A metodologia de revestimento aplicada nas sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 foi eficiente em aumentar a massa da semente, com uma cobertura íntegra e solúvel em água, promovendo assim um recobrimento de qualidade.

O uso de 10 g H_3BO_3 + 5 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$ de sementes, não interferiu na qualidade fisiológica das sementes e favoreceu o crescimento das plantas, estando aptas a serem testadas na implantação de pastagens.

Os tratamentos com 25 g H_3BO_3 + 5 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$ de sementes e 25 g H_3BO_3 + 15 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$ de sementes, são combinações que reduzem o vigor das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, portanto não sendo indicadas para revestimento dessas sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, A. J., Vieira, H. D., de Souza, C. L. M., da 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 (5): 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 (37):1998-2005.
- Bianchi, F. D., de Oliveira Derré, L., Abrantes, F. L., Custódio, C. C. (2016) Germinação de sementes revestidas e não revestidas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em condições de deficiência hídrica. In *Colloquium Agrariae*. 12 (2): 32-37.
- Carvalho, C. A. B. D., Peres, A. A., Premazzi, L. M., Malafaia, P., Carvalho, M. I. A., Paciullo, D. S. C., Costa, V. A. C. (2014) Performance of dairy heifers raised on Xaraés palissadgrass (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) pasture

supplemented with two types of mineral mixture. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 34 (1): 46-50.

Carvalho, N. M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 5. ed. 590p.

Castagnara, D. D., Krutzmann, A., Zoz, T., Steiner, F., Castro, A. M. C, Neres, M. A., Oliveira, P. S. R. D. (2012) Effect of boron and zinc fertilization on white oats grown in soil with average content of these nutrients. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41 (7):1598-1607.

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 (2): 103-111.

Dias-Filho, M. B. (2014) *Diagnóstico das pastagens no Brasil*. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E).36p.

Epstein, E., Bloom, A. P. (2006) *Princípios e perspectivas*. Londrina. Editora planta. 2. ed. 404p.

Farooq, M., Siddique, K. H., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D. J., Wahid, A. (2011) Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil and Tillage Research*. 111 (2): 87-98.

Ferreira, A. G., Borghetti, F. (2004) *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed. 323p.

Hasana, R., Miyake, H. (2017) Salinity stress alters nutrient uptake and causes the damage of root and leaf anatomy in maize. *KnE Life Sciences*. 219-225.

Hoagland, D. R., Arnon, D. I. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. Circular. *California agricultural experiment station*. 347(2. ed).

Lago, A. A., Martins, L. (1998) Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 33 (2):199-204.

Macho-Rivero, M. Á., Camacho-Cristóbal, J. J., Herrera-Rodríguez, M. B., Müller, M., Munné-Bosch, S., González-Fontes, A. (2017) Abscisic acid and

transpiration rate are involved in the response to boron toxicity in *Arabidopsis* plants. *Physiologia plantarum*. 160 (1): 21-32.

Macho-Rivero, M. A., Herrera-Rodríguez, M. B., Brejcha, R., Schöffner, A. R., Tanaka, N., Fujiwara, T., González-Fontes, A., Camacho-Cristóbal, J. J. (2018) Boron toxicity reduces water transport from root to shoot in *Arabidopsis* plants. Evidence for a reduced transpiration rate and expression of major pip aquaporin genes. *Plant and Cell Physiology*. 59 (4): 841-849.

Marschner, H. (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic. Press London 2.ed. 889.

Mattiello, E. M., Ruiz, H. A., Silva, I. R. D., Barros, N. F. D., Neves, J. C. L., Behling, M. (2009) Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 33 (5):1281-1290.

McGeary, R. K. (1961) Mechanical packing of spherical particles. *Journal of the American ceramic Society*. 44 (10): 513-522.

Nakagawa, J. (1999) Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 1:1-24.

Oliveira, V. S., da Silva Morais, J. A., Fagundes, J. L., dos Santos Santana, J. C., Lima, I. G. S., Santos, C. B. (2015) Produção e composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais submetidas a dois níveis de irrigação. *Archives of veterinary Science*. 20 (2): 27-36.

Pessoa, A. C. S., Luchese, E. B., Luchese, A. V. (2000) Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. *Revista brasileira de ciência do solo*. 24 (4): 939-945.

Peters, J. B. (2005) Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: Plant analysis. *Department of soil science, college of agriculture and life sciences*. Madison, WI: University of Wisconsin-Extension.

Rezende, P. L. D. P., Restle, J., Fernandes, J. J. D. R., Pádua, J. T., Freitas Neto, M. D. D., Rocha, F. M. D. (2011) Desempenho e desenvolvimento corporal de

bovinos leiteiros mestiços submetidos a níveis de suplementação em pastagem de *Brachiaria brizantha*. *Ciência Rural*. 41 (8):1453-1458.

Romani, F., de Carvalho, R. I. N. (2016) Break dormancy, germination and vigor of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*. 2 (3): 235-239.

Santos, S. R. G. (2016) Peletização de sementes florestais no Brasil. *Floresta e Ambiente: (Artigo de revisão)*. 23 (2): 286-294.

Silva-Matos, R. R. S. D., Albano, F. G., Cavalcante, Í. H. L., Pessoa Neto, J. A., Silva, R. L., Oliveira, I. V. D. M., Carvalho, C. I. F. S. (2017) Desenvolvimento inicial de mudas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de boro aplicadas na semente. *Revista de Ciências Agrárias*. 40 (4):30-39.

Tavallali, V. (2017) Interactive effects of zinc and boron on growth, photosynthesis, and water relations in pistachio. *Journal of Plant Nutrition*. 40 (11):1588-1603.

Valle, C. B., Euclides, V. P. B., Pereira, J. M., Valério, J. R., Pagliarini, M. S., Macedo, M. C. M., Leite, G. G., Lourenço, A. J., Fernandes, C. D., Dias-Filho, M. B., Lempp, B., Pott, A., de Souza, M. A. (2004) O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação de pastagens de braquiária. *Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E)*. 36p

Viana, J. H. M., Teixeira, W. G., Donagemma, G. K. (2017) Densidade de partículas. In: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3. ed. Embrapa Milho e Sorgo. 76-81.

Yamada, T. (2004) Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. *Informações agrônomicas*. 105 (1): 1-12.

Zare, A. A., Khoshgoftarmanesh, A. H., Malakouti, M. J., Bahrami, H. A., Chaney, R. L. (2018) Root uptake and shoot accumulation of cadmium by lettuce at various Cd: Zn ratios in nutrient solution. *Ecotoxicology and environmental safety*. 148:441-446.

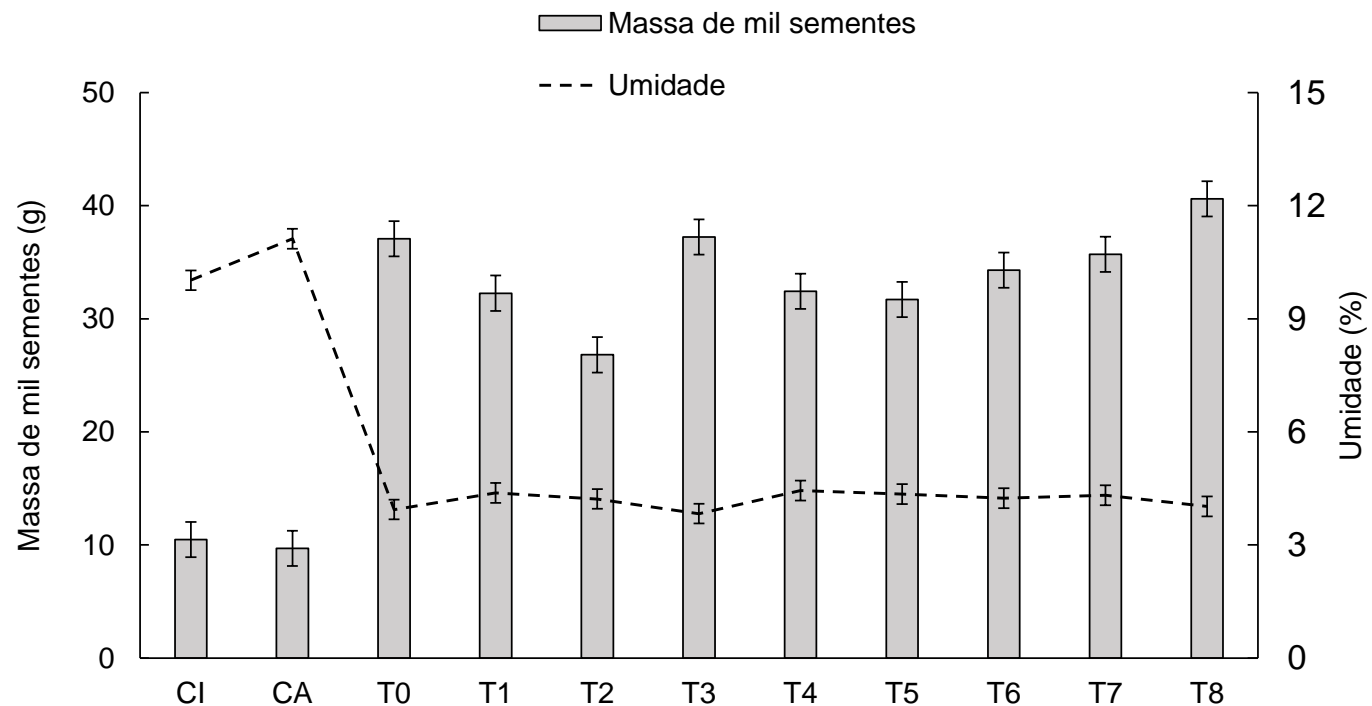


Figura 1. Massa de mil sementes (g) e Umidade (%) das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas. Controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g \cdot kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

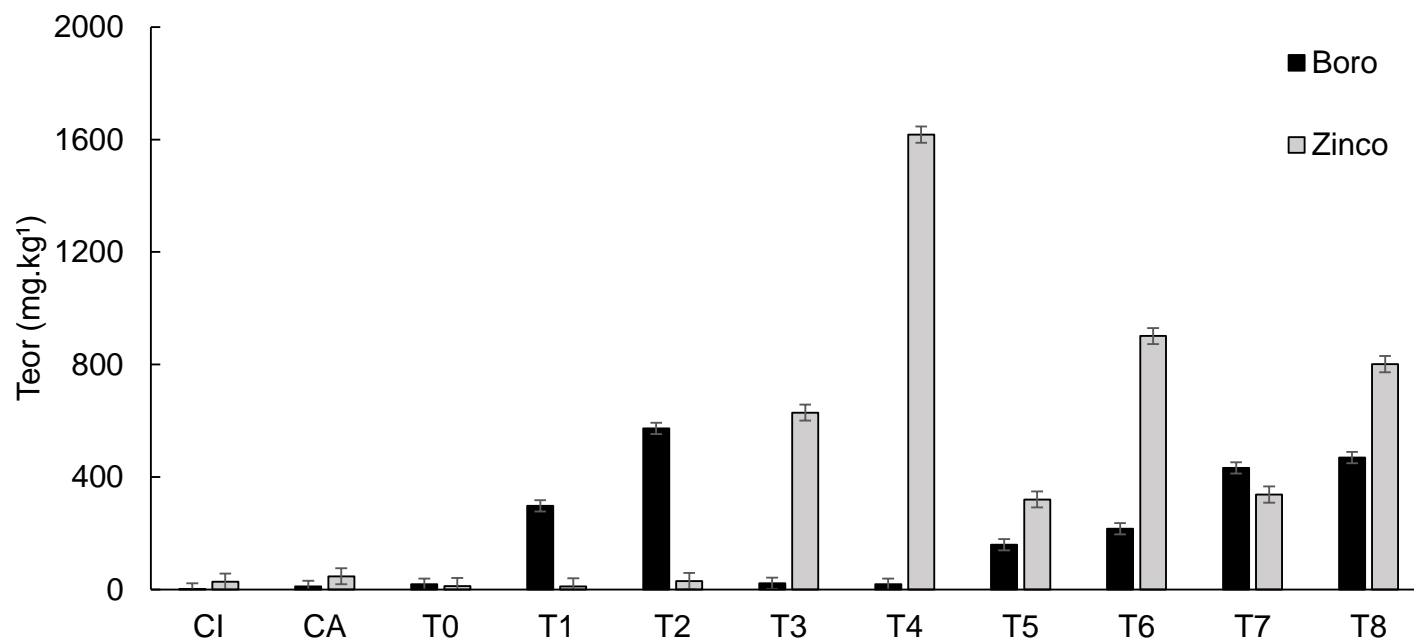


Figura 2. Teor de boro e zinco nas sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas. Controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g.kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

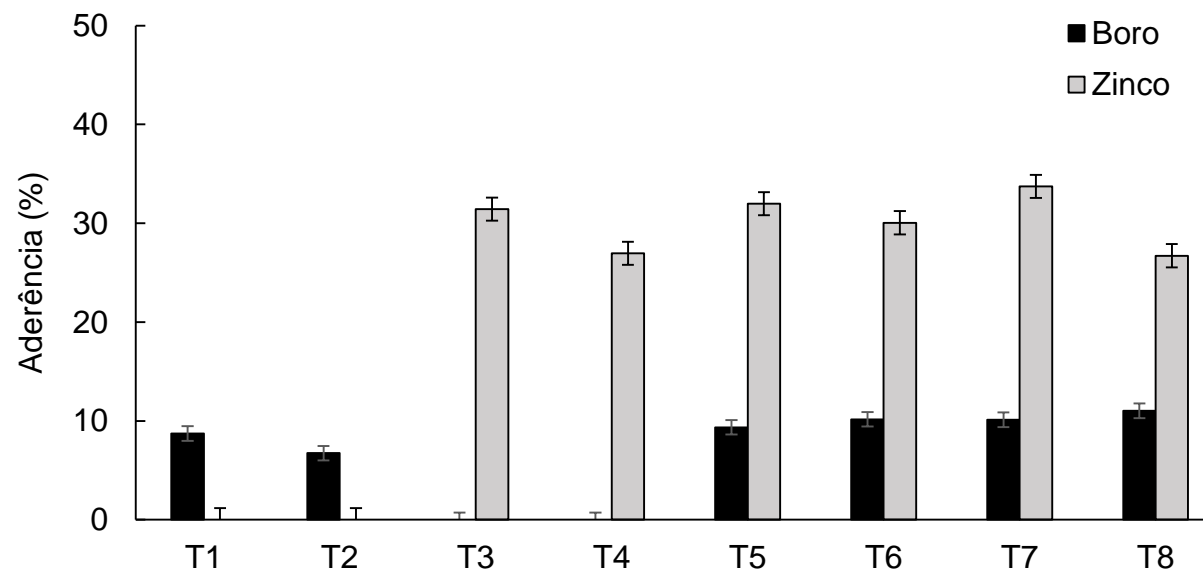


Figura 3. Porcentagem de aderência de Boro e Zinco nas sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 após serem revestidas. Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g \cdot kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

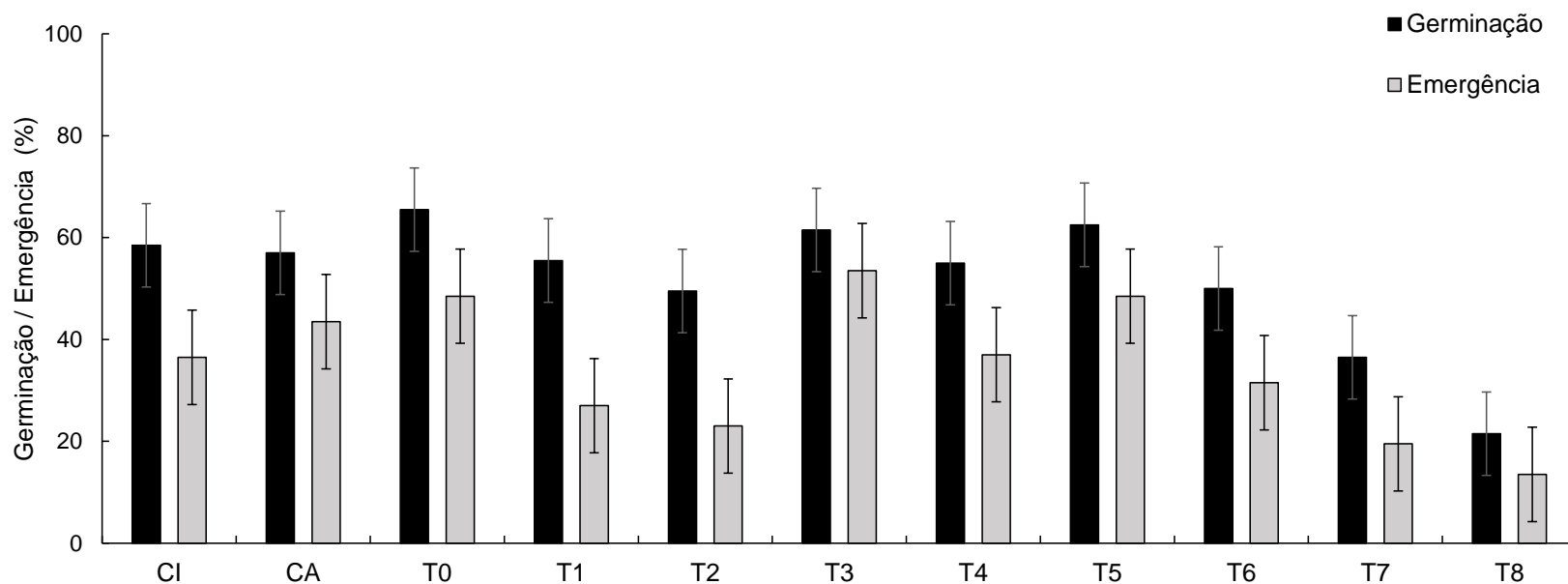


Figura 4. Porcentagem de germinação e emergência das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 em câmara de germinação. Controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g \cdot kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

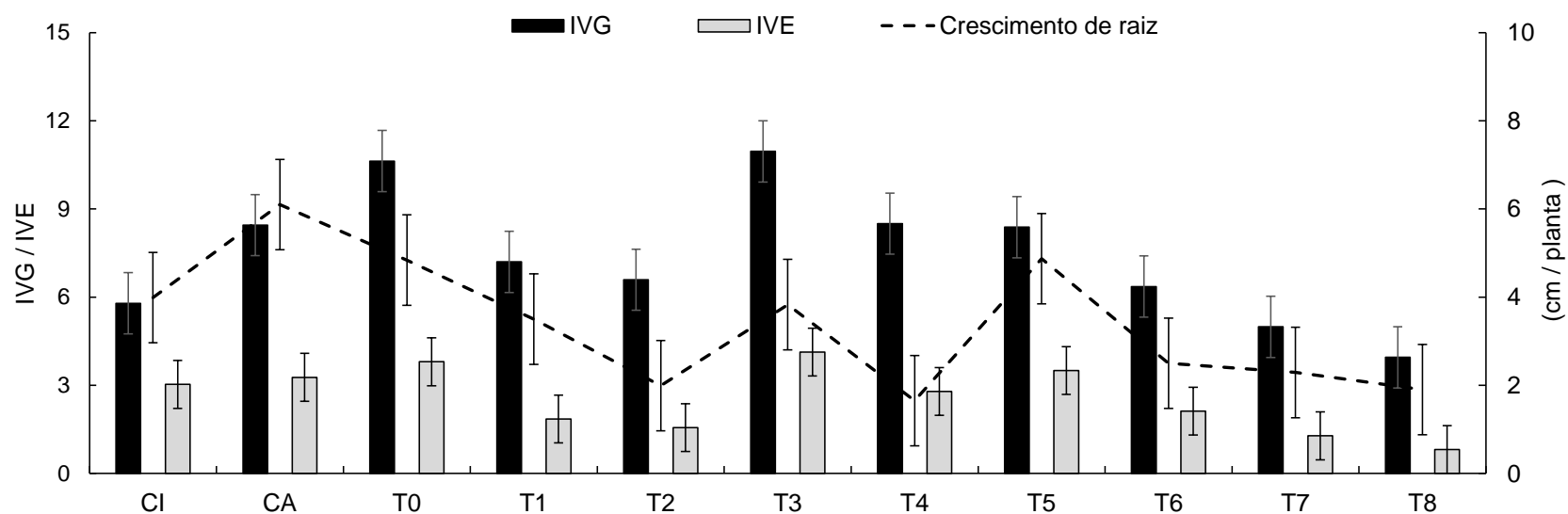


Figura 5. Índice de velocidade de germinação (IVG) e emergência (IVE) das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 em câmara de germinação. Controle intacto (CI); controle escarificado sem revestimento (CA); controle revestido sem adição de fertilizante (T0). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g \cdot kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (T1); 50 g de H_3BO_3 (T2); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T3); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T4); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T5); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T6); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T7); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (T8).

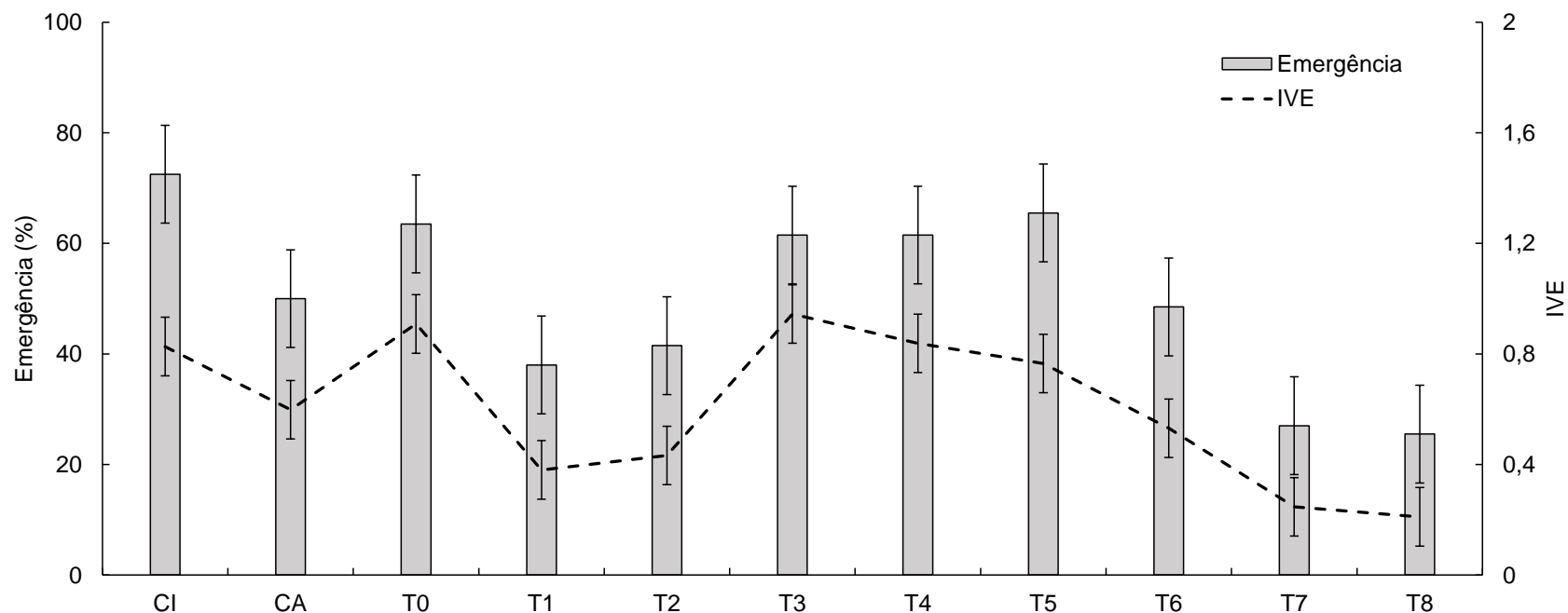


Figura 6. Porcentagem de emergência e Índice de velocidade de emergência das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 em casa de vegetação. Controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g \cdot kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

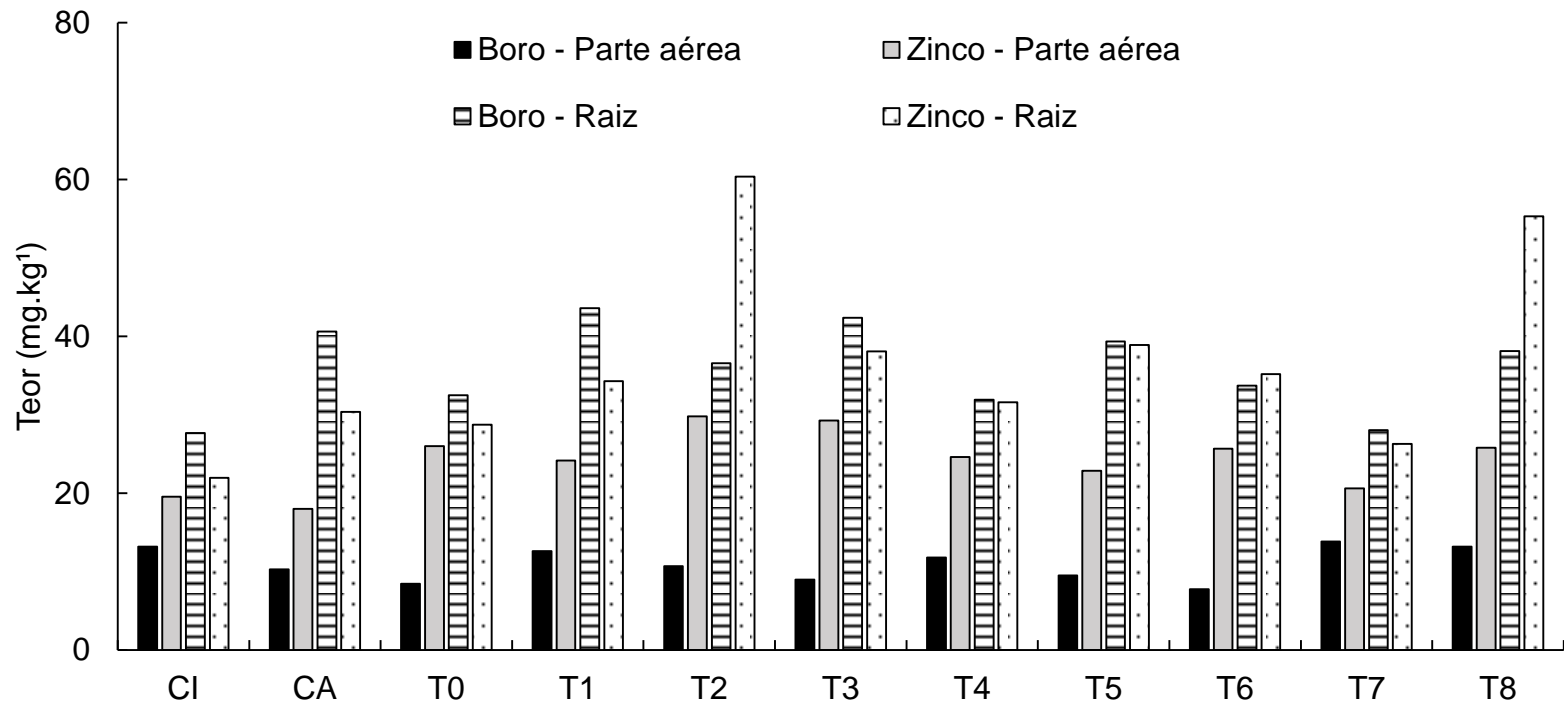


Figura 7. Teor de boro e zinco na parte aérea e raiz das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 oriundas de sementes revestidas. Controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g.kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

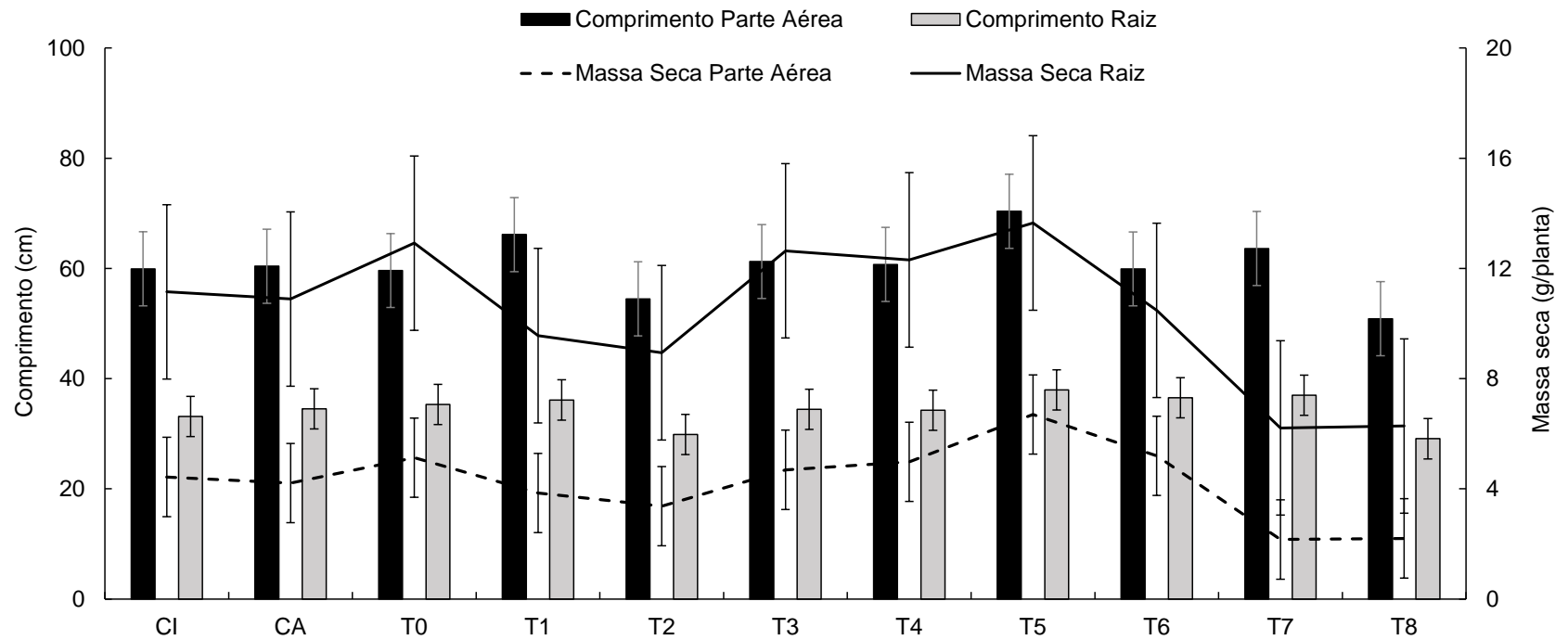


Figura 8. Comprimento e massa seca da parte aérea e raiz das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 oriundas de sementes revestidas. Controle intacto (**CI**); controle escarificado sem revestimento (**CA**); controle revestido sem adição de fertilizante (**T0**). Doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em $g \cdot kg^{-1}$ de sementes: 20 g de H_3BO_3 (**T1**); 50 g de H_3BO_3 (**T2**); 10 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T3**); 30 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T4**); 10 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T5**); 10 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T6**); 25 g de H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T7**); 25 g de H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (**T8**).

3.3. SEMENTES DE *Brachiaria brizantha* CV. MG5 REVESTIDAS SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

A formação e o manejo inicial das pastagens são fases importantes para determinar a sua produtividade ao longo do tempo. O estabelecimento de plantas mais uniformes e resistentes depende das condições iniciais de germinação das sementes. Dentre os fatores que afetam a germinação, a temperatura desempenha um papel importante nesse processo. Dessa forma, a fim de melhorar a qualidade dos pastos e garantir a qualidade fisiológica do material de propagação, foram testadas sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 sem e com revestimento, em diferentes temperaturas de germinação, avaliando o vigor das sementes e crescimento radicular das plântulas. Com os resultados, pode-se afirmar que nenhuma temperatura testada foi extremamente danosa à germinação das sementes, havendo apenas redução principalmente na temperatura máxima de 40°C. A temperatura de 20-30°C foi responsável pelo máximo potencial germinativo das sementes revestidas, no entanto, a temperatura de 25-30°C foi responsável pela máxima germinação das sementes sem revestimento e maior IVG das sementes sem ou com revestimento. Também é possível afirmar que as sementes revestidas alcançam um crescimento radicular que não difere das sementes sem revestimento e intactas, quando a temperatura máxima de germinação é de 40°C.

Palavras-chave: Germinação, Revestimento, Pastos.

ABSTRACT

The formation and initial management of pastures are important phases to determine their productivity over time. The establishment of more uniform and resistant plants depends on the initial conditions of seed germination. Among the factors that affect germination, temperature plays an important role in this process. Thus, in order to improve the quality of the pastures and guarantee the physiological quality of the propagation material, seeds of *Brachiaria brizantha* cv. MG5 without and with coating, at different germination temperatures, evaluating seed vigor and seedling root growth under the conditions tested. With the results, it can be said that no temperature tested was extremely harmful to seed germination, with only a reduction mainly in the maximum temperature of 40°C. The temperature of 20-30°C was responsible for the maximum germinative potential of the coated seeds, however, the temperature of 25-30°C was responsible for the maximum germination of the seeds without coating and higher IVG of the seeds without or with coating. It is also possible to state that coated seeds achieve root growth that does not differ from uncoated and intact seeds, when the maximum germination temperature is 40°C.

Keywords: Germination, Covering, Pastures.

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira se baseia, em grande parte, na utilização de pastagens como fonte de alimento para os animais ganharem o tamanho e peso adequados, seja para reprodução, abate, ou produção de leite e derivados. A nutrição de bovinos baseada na pastagem proporciona uma produção de menor custo, valendo a pena o uso de recursos e manejos que sejam eficientes em melhorar a produção da mesma (Dias-Filho, 2014).

De acordo com o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil tem 45% de utilização de suas terras destinadas à pastagem, porém, cerca de 12 milhões de hectares se encontram em algum estágio de degradação com baixíssima produtividade para o alimento animal (IBGE, 2017). Dessa forma, é necessário melhorar a qualidade das pastagens e obter o potencial máximo de produção que elas possam oferecer, utilizando a espécie forrageira correta, uso de sementes de alto vigor, adubação inicial e de manutenção, além do manejo adequado da pastagem (Dias Filho, 2014).

No Brasil, o uso de espécies do gênero *Brachiaria* sp. tem aumentado quando comparada com outras forrageiras, principalmente pelo fato de ser rústica, permitindo adaptações às mais variadas condições, tanto de clima quanto de solo. Dentre as diversas cultivares, a cultivar MG5 ou Xaraés de *Brachiaria brizantha*, lançada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em 2003, apresenta características superiores à cultivar Marandu por alcançar maior produtividade, bom valor nutritivo e alta capacidade de suporte (Carvalho et al., 2014).

Em função da demanda pelo estabelecimento de um estande de plantas mais uniforme e vigoroso, a incorporação de novas tecnologias como, o recobrimento de sementes tem agregado qualidade às sementes e contribuído para atender um mercado cada vez mais exigente e competitivo (Medeiros et al., 2004).

A formação e o manejo inicial das pastagens são fases importantes para determinar a sua produtividade ao longo do tempo, sendo as sementes peças importantes durante esse período. De acordo com Marcos Filho (2015), além dos fatores umidade, oxigênio e luz, a temperatura desempenha um papel importante na germinação das sementes (Marcos Filho, 2015), influenciando diretamente o desenvolvimento e a qualidade inicial das pastagens. Sabendo que as mudanças climáticas podem elevar a temperatura do planeta em 1,8°C a 6,4°C nos próximos 100 anos, segundo dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), avaliar o comportamento de sementes de espécies forrageiras em temperaturas altas é um desafio para os estudiosos em sementes (Santos et al., 2013; Butler et al., 2014).

Considerando que a Regra de Análise de Sementes indica a temperatura de 20-35°C como ideal para germinação de sementes *Brachiaria brizantha*, neste

estudo foi avaliado o potencial germinativo das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 escarificadas quimicamente, revestidas com silicato de cálcio e areia e também sementes que receberam doses de boro e zinco durante o revestimento, todas avaliadas em condições de temperaturas variadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas instalações do Laboratório de Fitotecnia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. As sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 utilizadas em todo o experimento foram adquiridas comercialmente de empresa idônea, pertenciam à safra 2017/2018 e lote 17/18.00088.

Tratamentos

Para avaliar a germinação e o crescimento inicial das plântulas em diferentes temperaturas, foram combinados quatro tratamentos de beneficiamento das sementes com seis diferentes temperaturas alternadas de germinação, em uma combinação de fatores 4x6.

Os tratamentos realizados nas sementes foram divididos em: Sementes Intactas (T1); Sementes escarificadas com ácido sulfúrico (T2); Sementes revestidas com silicato de cálcio + areia (T3); Sementes revestidas com silicato de cálcio + areia e 10 g H₃BO₃ + 5 g ZnSO₄.7H₂O (T4), sendo este último baseado na melhor combinação testada previamente.

As temperaturas testadas no experimento tiveram como base a temperatura de 20-35°C, que é a temperatura recomendada pela Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009) para sementes de *Brachiaria brizantha*. A temperatura mínima foi fixada em 20°C e 25°C, sendo combinadas com as temperaturas máximas de 30°, 35° e 40°, resultando em seis combinações: 20-30°C; 20-35°C; 20-40°C; 25-30°C; 25-35°C; 25-40°C.

As sementes adquiridas foram passadas em um soprador para retirada de palhas e sementes vazias. Em seguida, foram retiradas 4 repetições de 100 g de sementes para cada beneficiamento testado.

O beneficiamento das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 seguiu a seguinte metodologia:

- T1 – As sementes utilizadas passaram apenas pelo soprador de sementes;
- T2 – As sementes foram divididas em porções de 50 gramas e escarificadas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos, logo após foram lavadas em água abundante e postas para secar em temperatura ambiente;
- T3 – Para o revestimento das sementes foi utilizada a metodologia adaptada de Acha et al. (2016) para sementes de *Neonotonia wightii* utilizando uma drageadora de bancada. A drageadora foi regulada de forma que a cuba girasse a 75% da rotação máxima (64,5 rpm), e a solução adesiva fosse acionada à pressão de quatro bar, por dois segundos e o soprador de ar quente ligado por três minutos à temperatura de 50°C. A solução adesiva foi constituída de água + cola Cascorez® Extra à base de acetato de polivinila (PVA), na proporção de 2:1 (v/v), respectivamente. O material de revestimento foi a mistura de silicato de cálcio + areia, na proporção de 7:1 (g/g), respectivamente. A massa de 100g de sementes previamente escarificada em ácido sulfúrico (metodologia descrita anteriormente), foi revestida com 10 camadas desse material, sendo que cada camada era composta por duas porções de 12,5 g de material e dois jatos de solução adesiva, aplicados a sementes antes de cada porção de material a ser adicionada;
- T4 – Para adição de micronutrientes ao revestimento das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, foram realizados experimentos prévios utilizando ácido bórico como fonte de boro (H_3BO_3 - 17% de B) e sulfato de zinco como fonte de Zn ($ZnSO_4$ - 20% de Zn), sendo determinado a dosagem de 10 g H_3BO_3 + 5 g $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ($g \cdot kg^{-1}$ de sementes). A metodologia de revestimento foi a mesma descrita para o tratamento T3, porém adicionando os fertilizantes na quinta camada de recobrimento (Acha et al., 2018). Para isso, os fertilizantes foram macerados e passados em peneira de 0,25 mm, para então serem pesados e misturados nas porções de material de enchimento referentes a quinta camada de recobrimento.

Variáveis Análisadas

As sementes revestidas foram passadas em peneiras com diâmetro de 5 mm com crivo redondo, sendo descartados os péletes maiores do que esse diâmetro. Os péletes selecionados foram então submetidos aos seguintes testes, assim como as sementes sem revestimento:

Umidade - O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105°C, por 24 horas conforme descrito na Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009);

Massa de mil sementes - A massa de mil sementes foi realizada com oito repetições de 100 sementes, pesadas e calculadas com base nas indicações de Brasil (2009);

Análise de B e Zn nas sementes - A análise nutricional das sementes foi realizada por meio da digestão nítrica (Peters 2005) e leitura no ICPE – 9000. Para isso, foi utilizado material seco em estufa a 65°C por 72 horas e passados no moinho, em seguida, pesadas quatro repetições de 100 mg de cada tratamento;

Germinação - Quatro repetições de 50 sementes (para cada combinação de fatores), foram distribuídas em rolos de papel umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Antes de serem colocadas para germinar em câmaras de germinação nas diferentes temperaturas testadas, as sementes dispostas no rolo receberam por aspersão, a aplicação de fungicida Orthocid[®] na concentração 0,2%. O teste teve duração de 21 dias e durante esse período foi realizada a contagem diária de sementes germinadas, para contabilizar o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962). Ao final do 21º dia, foi avaliada a porcentagem de plântulas normais, contabilizando a germinação. Da mesma forma, foi avaliado a porcentagem de plântulas anormais, sementes não germinadas e sementes mortas. As sementes foram consideradas mortas quando se encontravam com tecido deteriorado;

Comprimento de raiz - O teste de vigor das sementes baseado no desenvolvimento das raízes foi realizado conforme metodologia descrita por Nakagawa (1999). Sendo então, testadas quatro repetições de 20 sementes para cada combinação de fatores (tratamento sementes x temperatura de germinação) nas mesmas condições do teste de germinação. Ao final de 21 dias, foram

selecionadas aleatoriamente 10 plântulas para avaliação do comprimento da raiz principal, e o resultado expresso em cm.planta⁻¹.

Estatística

Os resultados da porcentagem de umidade das sementes foram expressos de forma descritiva. Já as variáveis massa de mil sementes e análise nutricional das sementes, foram analisadas como tratamentos independentes dispostos em um delineamento inteiramente casualizado.

As variáveis referentes à germinação e ao comprimento de raiz, foram analisadas em um fatorial simples de 4 x 6, sendo 4 tratamentos de beneficiamento das sementes e 6 temperaturas de germinação.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Para os dados referentes às variáveis plântulas anormais e sementes não germinadas foi aplicada a transformação pelo método da raiz quadrada (\sqrt{x}), para as demais variáveis não houve necessidade de transformação. Na sequência, foi realizada a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sisvar.

RESULTADOS

O revestimento de sementes com silicato de cálcio e areia elevou a massa das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 em 282% (Figura 1). Já o tratamento em que foram adicionadas ao revestimento doses de 10 g H₃BO₃ + 5 g ZnSO₄.7H₂O, houve um acréscimo a massa das sementes de 218%. De maneira inversa, ao final do revestimento a umidade das sementes foi reduzida da faixa de 11% para a faixa de 4% (Figura 1).

Na análise nutricional das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 utilizadas neste trabalho (Figura 2) nota-se que o teor de Zn nessas sementes é maior do que o teor de B. Com a adição de 10 g H₃BO₃ + 5 g ZnSO₄.7H₂O, os teores de B e Zn são elevados, respectivamente a 1400% e 580% comparado aos teores desses micronutrientes nas sementes escarificadas com ácido sulfúrico.

Os resultados referentes à porcentagem final de germinação das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 (Tabela 1), que foram computados ao final do 21º dia, revelam que as sementes testadas no presente estudo foram influenciadas pelas diferentes temperaturas a qual foram submetidas. Considerando o potencial máximo germinativo das sementes testadas, esse foi alcançado pelas sementes escarificadas com ácido sulfúrico sem revestimento sob temperatura de germinação de 25-30°C, 74,5%. Essa mesma temperatura também proporcionou condições das sementes intactas alcançarem o seu potencial máximo de germinação. Já as sementes revestidas responderam melhor na temperatura alternada de 20-30°C, porém não diferindo estatisticamente da temperatura de 25-30°C.

Considerando os fatores isolados na Tabela 1, nota-se que na temperatura 20-35°C enquanto as sementes revestidas apenas com silicato de cálcio + areia é o tratamento com menor porcentagem de germinação, as sementes revestidas com adição de B e Zn não diferem do tratamento com sementes escarificadas com ácido sulfúrico sem revestimento, que alcançou a máxima germinação nessa temperatura. Na temperatura de 20-40°C a resposta das sementes revestidas com micronutrientes também é significativamente superior às sementes revestidas apenas com silicato de cálcio + areia (Tabela1).

Na Tabela 1, verifica-se que as sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas alcançaram respostas significativamente superiores às sementes intactas na temperatura 25-40°C. Enquanto para as demais temperaturas testadas as sementes revestidas não diferem do controle intacto.

Houve interação significativa entre os diferentes tratamentos realizados nas sementes e a temperatura de germinação para o índice de velocidade de germinação das sementes (Tabela 2). A temperatura alternada de 25-30°C juntamente com o tratamento em que as sementes foram somente escarificadas com ácido sulfúrico, proporcionou a mais rápida formação de plântulas (IVG = 12). Essa mesma temperatura foi responsável pelo máximo IVG alcançado pelas sementes *Brachiaria brizantha* cv. MG5 quando intactas, revestidas com silicato de cálcio + areia e com micronutrientes adicionados ao revestimento, não havendo diferença significativa quando na temperatura de 25-35°C para essa mesma variável.

Na Tabela 2, também se observa que as sementes escarificadas com ácido sulfúrico sem revestimento são mais rápidas em formar plântulas (IVG) do que as sementes revestidas. No entanto, as sementes revestidas superaram as sementes intactas em todas as temperaturas para essa variável, principalmente nos extremos de 40°C, só não alcançam diferença significativa para a temperatura alternada 20-35°C.

Na Tabela 3, nota-se que os tratamentos realizados nas sementes não influenciaram significativamente a formação de plântulas anormais apenas nas temperaturas 20-30°C e 20-35°C, enquanto nas demais temperaturas o tratamento com sementes intactas teve uma tendência em sofrer menores danos quanto à formação das plântulas. A combinação de ácido sulfúrico + revestimento + micronutrientes, resultou em maiores danos fisiológicos às sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, exceto quando germinadas nas temperaturas 25-35°C e 25-40°C.

Ao analisar os dados da Tabela 4, nota-se que a temperatura só não influenciou de forma significativa a porcentagem de sementes não germinadas para o tratamento em que as sementes foram apenas escarificadas com ácido sulfúrico. Para os demais tratamentos, as temperaturas 20-40°C e 25-40°C foram as que mais resultaram em sementes não germinadas.

Com relação ao comprimento da raiz (Tabela 5), as temperaturas de germinação testadas não influenciaram de forma significativa os tratamentos realizados nas sementes, mas na temperatura alternada de 20-35°C as sementes revestidas com micronutriente alcançaram uma redução significativa no crescimento das raízes quando comparadas com o tratamento de sementes intactas.

Na Tabela 5, considerando os tratamentos realizados nas sementes observa-se que, numericamente, o máximo crescimento de raiz para as sementes sem revestimento foi proporcionado pela germinação na temperatura 25-40°C. Já as sementes revestidas, tiveram seu máximo crescimento radicular quando postas na temperatura 20-40°C.

DISCUSSÃO

Com base nos resultados, a técnica de revestimento aplicada no trabalho foi eficiente em aumentar a massa das sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 (Figura 1), sendo essa característica vantajosa para a semeadura mecânica dessas sementes. Santos (2016) relata em sua revisão que o aumento do tamanho, da massa e a modificação da forma das sementes com a técnica de revestimento, faz com que estas fluam mais facilmente em semeadora de precisão, alcançando assim um semeio mais uniforme.

A redução significativa na massa das sementes revestidas de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 que receberam adição dos fertilizantes (Figura 1), pode ser justificada pela característica física das partículas de ácido bórico e sulfato de zinco, que são mais densas do que o material de recobrimento silicato de cálcio + areia. Sabendo que a densidade de um material é inversamente proporcional ao seu volume (Teixeira et al., 2017), acredita-se que no momento em que as doses de fertilizante foram adicionadas de forma misturada ao material de enchimento, com a rotação da cuba e por estarem em maior volume, houve maior dispersão do material de enchimento e conseqüente aderência às paredes da cuba, reduzindo assim a aderência às sementes e a massa final, comparado com as sementes revestidas sem fertilizante.

Com a redução da umidade das sementes revestidas (Figura 1), pode ser afirmado que o tempo e temperatura de secagem definidos para a confecção dos péletes foram eficientes para formar um recobrimento seco. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), essa é uma característica importante para qualidade do recobrimento, pois o alto teor de água pode promover durante o manejo a desintegração da cobertura depositada sobre as sementes e afetar a qualidade fisiológica das mesmas no período de armazenamento.

Com base nos dados expressos na Figura 2, é possível afirmar que a técnica de recobrimento aplicada no presente estudo, foi eficiente em elevar significativamente o teor de B e Zn das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5. Dessa forma, outra vantagem que pode ser obtida com o revestimento de sementes é adicionar micronutrientes às sementes.

Apesar de requeridos em pequenas quantidades, o B e Zn são elementos essenciais às plantas e os solos brasileiros são deficientes destes elementos com maior frequência (Malavolta, 2006). De acordo com Farooq et al. (2012), a técnica de aplicar esses elementos via semente, proporciona uniformidade de distribuição e redução de gastos pela minimização da quantidade aplicada quando comparada com a adubação via solo ou foliar. Araújo et al. (2016), comprovaram a eficiência da técnica ao tratar sementes de trigo com ácido bórico e sulfato de zinco e alcançar efeitos benéficos na qualidade fisiológica das sementes.

Com a resposta das sementes após a combinação dos fatores testados, pode-se afirmar que nenhuma temperatura testada foi prejudicial à germinação das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 a ponto de impedir que nenhuma semente germinasse (Tabela 1). Considerando as alterações climáticas que têm elevado a temperatura do planeta, com esse resultado acredita-se que essa é uma espécie com grande potencial de sobrevivência nessas condições.

De acordo com Marcos Filho (2015), o processo de germinação envolve uma série de atividades metabólicas que apresentam exigências próprias quanto à temperatura. Dessa forma, nos resultados alcançados no presente trabalho, as sementes revestidas necessitaram de uma amplitude térmica maior do que as sementes sem revestimento para regularem suas atividades metabólicas e alcançarem o máximo potencial germinativo (Tabela 1).

Neste trabalho também é possível afirmar que a técnica de revestimento é capaz de proporcionar às sementes capacidade de germinar em condições adversas, ao analisar as condições testadas e observar que as sementes revestidas não diferiram das sementes intactas em nenhuma das temperaturas testadas, inclusive, alcançado potencial germinativo superior a essas na temperatura de 25-40°C (Tabela 1).

Sabendo que o silício é um elemento benéfico às plantas porque aumenta sua resistência a estresses bióticos e abióticos (Muneer et al., 2017), pode-se associar a capacidade dessas sementes revestidas de germinarem mesmo nas condições de alta temperatura, ao fato de terem recebido silício por meio do silicato de cálcio no revestimento. Autores como Muneer et al. (2017), Kim et al. (2017) e Le et al. (2019) afirmam em seus trabalhos que o uso do silício induz a tolerância ao estresse.

Com relação à germinação (Tabela 1), ainda é possível afirmar que a dosagem de fertilizante adicionado ao revestimento não foi prejudicial a qualidade fisiológica das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, visto que com exceção da temperatura de 25-40°C, as sementes revestidas com ácido bórico e sulfato de zinco alcançaram um potencial germinativo numericamente superior às sementes revestidas sem fertilizante. A dosagem de 10 g H₃BO₃ + 5 g ZnSO₄.7H₂O pode ser recomendada para o revestimento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5.

De acordo com Marcos Filho (2015), a temperatura ótima de germinação é aquela que possibilita a máxima germinação em menor tempo, ou seja, maior IVG. Dessa forma, analisando os dados da Tabela 2 associados aos dados da Tabela 1, pode-se afirmar que a temperatura de 25-30°C é a temperatura que melhor proporciona condições ótimas de germinação para sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas e não revestidas.

Considerando que as sementes revestidas possuem uma barreira extra para romper, sendo normalmente a causa do atraso na germinação dessas sementes, na Tabela 2 foi observado que o revestimento formado não foi prejudicial à velocidade de germinação dessas sementes quando comparadas com as sementes intactas, até mesmo nas condições de temperatura máxima de 40°C. Dessa forma, com o aumento do desmatamento e áreas degradadas, e consequente aumento na temperatura dos solos (Souza et al., 2016), uma alternativa para o estabelecimento de pastagens nessas condições, seria o uso das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas testadas.

De acordo com Ebone et al. (2019), a deterioração das sementes inicia-se com a danificação dos sistemas de membranas, afetando os mecanismos energéticos e de síntese. Com isso, ocorre redução na velocidade de germinação e na capacidade de formar plântulas normais. Com base nos dados de plântulas anormais analisados (Tabela 3), pode-se entender que a partir do momento em que se alteram as características iniciais das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 ocorre uma tendência em aumentar danos à sua qualidade fisiológica.

Quando as condições ambientais não são favoráveis à germinação, as sementes possuem um mecanismo de defesa que as impede de concluir o desenvolvimento do eixo embrionário, ou seja, entram em um estado de dormência secundária ou induzida (Carvalho e Nakagawa, 2012). Sabendo que a

alta temperatura é uma das principais causas de indução à dormência secundária, é possível que a alta porcentagem de sementes não germinadas nas temperaturas cuja máxima era de 40°C (Tabela 4), possa ter sido dessa defesa.

O crescimento radicular bem desenvolvido proporciona às plântulas maiores chances de se estabelecerem no ambiente, aumentado assim o vigor e a capacidade de sobreviverem em condições de estresse a que venham ocorrer na fase inicial de estabelecimento no campo (Guimarães e Feitosa, 2015). Com base nos resultados alcançados nesse estudo, é possível destacar mais uma vez a ação protetiva do revestimento para as sementes quando postas em condições adversas, o caso das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 revestidas germinando nas temperaturas altas, 20-40°C e 25-40°C (Tabela 5). Pois, mesmo sendo as temperaturas que proporcionaram redução no IVG das sementes revestidas, o crescimento radicular das plântulas não foi afetado. Dessa forma, acredita-se que essas sementes possam ser utilizadas a fim de se obter qualidade na instalação de pastagens, já que o produtor não possui controle total das condições ambientais após o semeio.

CONCLUSÃO

A temperatura de 25-30°C proporciona às sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 com ou sem revestimento, condições de germinação e crescimento radicular iguais.

As sementes revestidas e intactas expressam potencial máximo germinativo nas temperaturas de 20-30°C e 25-30°C, respectivamente.

As temperaturas de 25-30°C e 25-35°C proporcionaram às sementes revestidas e não revestidas a formação de plântulas normais em menor tempo.

O crescimento de raiz das sementes escarificadas com ácido sulfúrico e revestidas com ou sem ácido bórico e sulfato de zinco, não foi afetado por nenhuma temperatura testada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 (37):1998-2005.
- Araujo, M. M. V., Sousa, J. R., Camili, E. C. (2016) Germinação de sementes de trigo tratadas com zinco e boro. *Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura*. 91 (3):274-284.
- Brasil. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília, snda/dndv/clav, 2009. 395p.
- Butler, T. J., Celen, A. E., Webb, S. L., Krstic, D., Interrante, S. M. (2014) Temperature affects the germination of forage legume seeds. *Crop Science*. 54 (6):2846-2853.
- Carvalho, C. A. B. D., Peres, A. A., Premazzi, L. M., Malafaia, P., Carvalho, M. I. A., Paciullo, D. S. C., Costa, V. A. C. (2014) Performance of dairy heifers raised on Xaraés palissadgrass (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) pasture supplemented with two types of mineral mixture. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 34 (1): 46-50.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 5. ed. 590p.
- Dias-Filho, M.B. (2014) Diagnóstico das pastagens no Brasil. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*.36p.
- Ebone, L. A., Caverzan, A., Chavarria, G. (2019) Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. *Plant Physiology and Biochemistry*. 145 (1):34-42.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. (2012) Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12 (1):125-142.

- Feitosa, F. R. C, Guimarães, M. D. A., Hendges, A. R. A. A, Silva, B. N., Takane, R. J. (2017) Efeitos de temperaturas, recipientes e substratos no desenvolvimento de *Brassica rapa* subsp. *nipposinica*. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 116 (1): 39-50.
- IBGE. (2019) Censo Agropecuário 2017.
- IPCC, C.C. (2007) The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.
- Kim, Y. H., Khan, A. L., Waqas, M., Lee, I. J. (2017) Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. *Frontiers in Plant Science*. 8 (510): 1-7.
- Le, B., Nadeem, M., Yang, S. H., Shin, J. A., Kang, M. G., Chung, G., Sun, S. (2019) Effect of silicon in *Pyropia yezoensis* under temperature and irradiance stresses through antioxidant gene expression. *Journal of Applied Phycology*. 31 (2): 1297-1302.
- Maguire, J. D. (1962) Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2 (1):176-177.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres. 638p.
- Marcos Filho, J. (2015) Deterioração de sementes. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. - Londrina – PR: ABRATES. 660p.
- 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*. 26 (2): 70-75.
- Muneer, S., Park, Y. G., Kim, S., Jeong, B. R. (2017) Foliar or subirrigation silicon supply mitigates high temperature stress in strawberry by maintaining photosynthetic and stress-responsive proteins. *Journal of Plant Growth Regulation*. 36 (4): 836-845.

- Nakagawa, J. (1999) Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 1:1-24.
- Peters, J. B. (2005) Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: Plant analysis. *Department of soil science, college of agriculture and life sciences*. Madison, WI: University of Wisconsin-Extension.
- Santos, R. M., Voltolini, T. V., Angelotti, F. Dantas, B. F. (2013) Germinação de sementes de capim-bufel em diferentes temperaturas. *Pangeia Científica* 1:11-17.
- Santos, S. R. G. (2016) Peletização de sementes florestais no Brasil. *Floresta e Ambiente: (Artigo de revisão)*. 23 (2): 286-294.
- Souza, B. I., Macêdo, M. L. A., Silva, G. J. F. (2016) Temperatura dos solos e suas influências na regeneração natural da caatinga nos Cariris Velhos–PB. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*. 35 (1) :261-287.

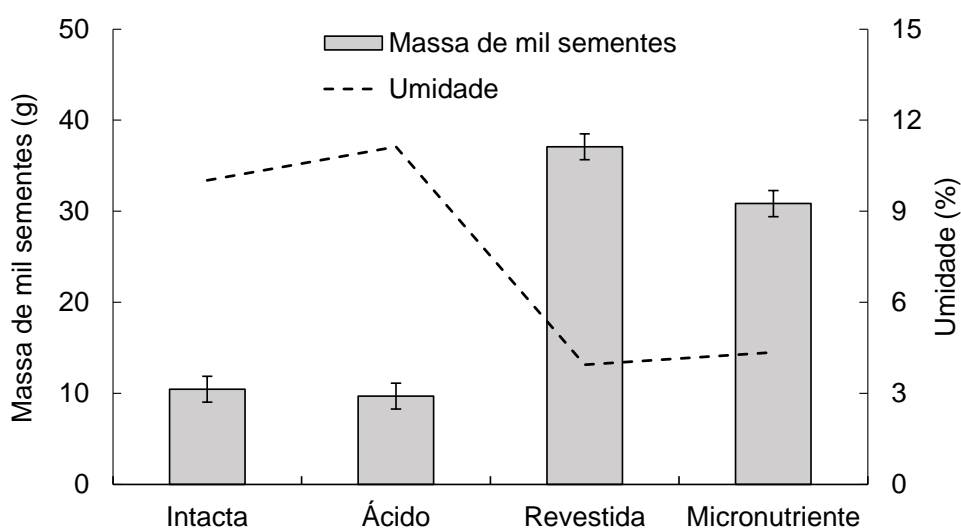


Figura 1. Massa (g) e umidade (%) de sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; escarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizantes (10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes).

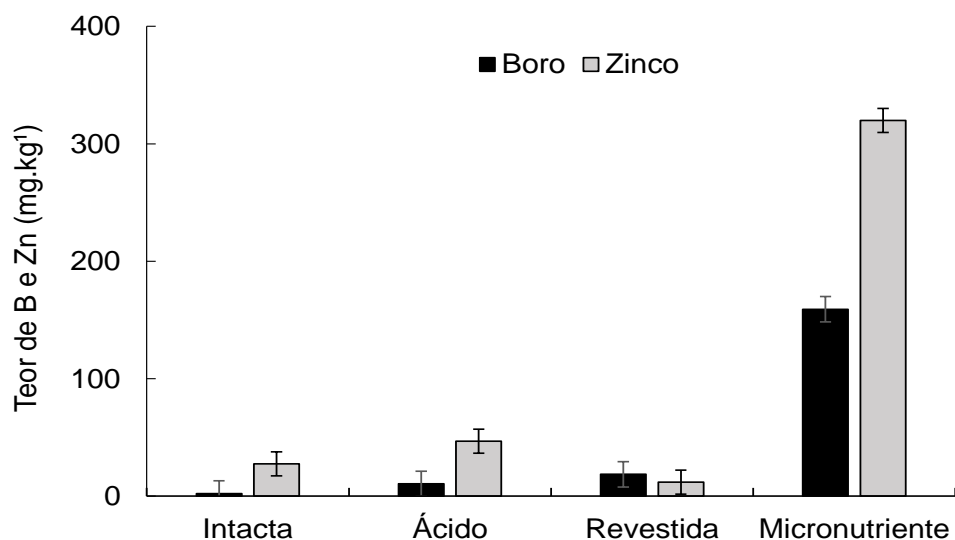


Figura 2. Teor ($mg \cdot kg^{-1}$) de boro e zinco das sementes *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; escarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizantes (10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes).

Tabela 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; escarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizante (10 g H₃BO₃ + 5 g de ZnSO₄.7H₂O.kg⁻¹ de sementes), em diferentes temperaturas

	Germinação (%)					
	20-30°C	20-35°C	20-40°C	25-30°C	25-35°C	25-40°C
Intacta	50,5 bA*	53,0 abA	33,5 bcB	60,0 bA	49,5 bA	25,5 cB
Ácido	66,5 aAB	64,0 aAB	56,5 aB	74,5 aA	71,0 aA	63,5 aAB
Revestida	58,0 abA	49,0 bAB	30,5 cC	55,5 bA	53,0 bAB	42,5 bBC
Micronutriente	58,5 abA	57,0 abA	42,5 bB	58,0 bA	56,5 bA	41,0 bB
CV (%) 13,53						

* Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; escarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizante (10 g H₃BO₃ + 5 g de ZnSO₄.7H₂O.kg⁻¹ de sementes), após serem submetidas à germinação em diferentes temperaturas

	IVG					
	20-30°C	20-35°C	20-40°C	25-30°C	25-35°C	25-40°C
Intacta	4,20 cA*	4,27 bA	2,22 cB	5,22 cA	4,33 cA	2,11 cB
Ácido	10,22 aBC	9,14 aCD	7,89 aD	12,00 aA	10,90 aAB	10,18 aBC
Revestida	7,13 bA	5,16 bC	3,54 bD	7,62 bA	6,80 bAB	5,48 bBC
Micronutriente	6,50 bA	5,44 bAB	4,07 bC	6,71 bA	6,54 bA	4,41 bBC
CV (%) 12,32						

* Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Porcentagem de plântulas anormais originadas de sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; esscarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizante (10 g H₃BO₃ + 5 g de ZnSO₄.7H₂O.kg⁻¹ de sementes), após serem submetidas à germinação em diferentes temperaturas. Dados transformados \sqrt{x}

	Plântulas Anormais (%)					
	20-30°C	20-35°C	20-40°C	25-30°C	25-35°C	25-40°C
Intacta	6,0 aA	4,5 aAB	2,5 bAB	2,0 bAB	0,5 bB	0,5 bB
Ácido	9,5 aA	7,0 aA	12,0 aA	6,5 abA	7,0 aA	9,0 aA
Revestida	7,5 aA	5,5 aA	11,0 aA	8,5 aA	6,5 aA	7,0 abA
Micronutriente	14,0 aA	10,5 aAB	13,0 aA	9,5 aABC	2,0 abC	4,5 abBC
CV (%) 41,82						

* Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Porcentagem de sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; esscarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizante (10g H₃BO₃ + 5g de ZnSO₄.7H₂O.kg⁻¹ de sementes), não germinadas em diferentes temperaturas. Dados transformados \sqrt{x}

	Sementes não germinadas (%)					
	20-30°C	20-35°C	20-40°C	25-30°C	25-35°C	25-40°C
Intacta	43,0 aC	41,5 abC	64,0 aAB	38,0 aC	50,0 aBC	74,0 aA
Ácido	24,0 bA	29,0 bA	31,5 cA	19,0 bA	22,5 bA	27,5 cA
Revestida	33,0 abC	45,5 aAB	58,5 abA	36,0 aC	40,0 aC	49,5 bAB
Micronutriente	27,0 bC	32,5 abBC	44,5 bcAB	35,5 abBC	41,5 aABC	54,5 bA
CV (%) 10,01						

* Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Comprimento de raiz de plântulas originadas de sementes de *Brachiaria brizantha* MG5 intactas; escarificadas com ácido sulfúrico; revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia + fertilizante (10 g H₃BO₃ + 5 g de ZnSO₄.7H₂O.kg⁻¹ de sementes), submetidas à germinação em diferentes temperaturas

	Comprimento de raiz (cm/planta)					
	20-30°C	20-35°C	20-40°C	25-30°C	25-35°C	25-40°C
Intacta	8,45 aA	8,89 aA	6,38 aA	7,39 aA	7,01 aA	7,26 aA
Ácido	7,08 aA	8,20 abA	7,68 aA	5,92 aA	7,53 aA	8,26 aA
Revestida	7,24 aA	7,06 abA	7,38 aA	6,47 aA	6,80 aA	5,97 aA
Micronutriente	6,69 aA	6,34 bA	7,88 aA	6,40 aA	5,69 aA	6,16 aA
CV (%)	17,94					

* Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A pecuária brasileira tem a maior parte de seu rebanho criado a pasto, sendo considerada uma maneira prática e econômica para a alimentação de bovinos, proporcionando custos reduzidos de produção (Dias Filho, 2014; Rezende et al., 2011). No entanto, práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, levando a alta incidência de pastagens degradadas no país. Assim, a adoção de técnicas de manejo sustentáveis é necessária (Dias Filho, 2014; Terra et al., 2019).

A fim de agregar valor às sementes de espécies forrageiras capazes de serem utilizadas para melhorar a qualidade das pastagens do Brasil, o objetivo deste trabalho foi definir uma metodologia de recobrimento em drageadora nas sementes de *Neonotonia wightii* cv. Comum e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 e por meio de avaliações físicas e fisiológicas determinar a qualidade do recobrimento. Para isso, os experimentos foram divididos de forma que fosse possível determinar o material de enchimento ideal e suas porções para o recobrimento das sementes de soja perene; em seguida doses de ácido bórico (H_3BO_3) e sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) em sementes de braquiária, assim como a eficiência de proteção às sementes em condições de temperaturas adversas.

No primeiro trabalho o recobrimento promoveu incrementos máximos de aproximadamente 350% à massa das sementes de soja perene e aumentos significativos de até 230% na área, 154% no diâmetro máximo, 162% no diâmetro mínimo, 167% no diâmetro contido e 152% no perímetro. O recobrimento foi eficiente, também, em reduzir a umidade dos péletes com o aumento das

camadas que recobrem as sementes. A combinação de areia + calcário resultou nos maiores péletes. A combinação de areia + silicato não interferiu na velocidade e formação de plantas, sendo considerado o material adequado para o recobrimento de sementes de soja perene.

No segundo trabalho, a combinação de 10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes, não interferiu na qualidade fisiológica das sementes e favoreceu o crescimento das plantas, estando essas sementes aptas a serem testadas na implantação de pastagens. Já as combinações de 25 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes e 25 g H_3BO_3 + 15 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes, reduzem o vigor das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, não sendo indicadas para revestimento dessas sementes.

No terceiro trabalho, as sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 que foram revestidas com silicato de cálcio + areia e revestidas com silicato de cálcio + areia e adição de 10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes, além das sementes intactas e escarificadas com ácido sulfúrico tiveram redução no potencial germinativo quando a temperatura máxima foi de 40°C. No entanto, as temperaturas alternadas de 20-40°C e 25-40°C não foram danosas a ponto de causar inibição total da germinação dessas sementes, levando apenas à redução do seu potencial germinativo. A temperatura de 20-30°C foi responsável pela máxima germinação das sementes revestidas, porém, a temperatura de 25-30°C foi responsável pela máxima germinação das sementes sem revestimento e maior IVG das sementes sem ou com revestimento. As sementes revestidas alcançaram um crescimento radicular que não difere das sementes sem revestimento e intactas, quando a temperatura máxima de germinação é de 40°C, destacando a ação protetiva do revestimento para as sementes quando postas em condições adversas.

Com os resultados alcançados nos trabalhos apresentados, as sementes de *Neonotonia wightii* cv. Comum e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 podem ser revestidas, recebendo 10 camadas de silicato de cálcio e areia (7:1) e cola a base de PVA diluída em água (1:2). As sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 podem receber durante o revestimento, 10 g H_3BO_3 + 5 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O \cdot kg^{-1}$ de sementes misturados ao material de enchimento da quinta camada e independente de estarem revestidas ou não, a temperatura ideal de germinação é a 25-30°C.

Dessa forma, acredita-se que a metodologia de recobrimento definida neste trabalho é capaz de fornecer às sementes *Neonotonia wightii* cv. Comum e *Brachiaria brizantha* cv. MG5 alterações em suas características físicas e químicas, sem prejudicar a qualidade fisiológica. Estando assim, aptas a serem utilizadas como estratégia na recuperação de pastagens degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, A. J., Vieira, H. D., de Souza, C. L. M., da 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 (5): 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 (37):1998-2005.
- Ahmad, P., Abdel Latef, A. A., Abd Allah, E. F., Hashem, A., Sarwat, M., Anjum, N. A., Gucel, S. (2016) Calcium and potassium supplementation enhanced growth, osmolyte secondary metabolite production, and enzymac antioxidant machinery in cadmium-exposed chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Frontiers in Plant Science*. 7: 1 – 12.
- Alves, B. A., Medeiros, L. T., de Fátima Sales, J., de Cássia Branquinho, A., da Silva, J. W., de Souza, R. G. (2017) Germinação de sementes de forrageiras do gênero *Brachiaria* em função dos ambientes e tempos de armazenamento. *Global Science and Technology*. 10 (1):11-19.
- Araujo, M. M. V., Sousa, J. R., Camili, E. C. (2016) Germinação de sementes de trigo tratadas com zinco e boro. *Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura*. 91 (3): 274-284.

- Artero, A. O., Tommaselli, A. M. G. (2009) Detecção e afinamento de bordas em direções previamente conhecidas. *Boletim de Ciências Geodésicas*. 15 (2): 157 – 177.
- Azevedo, W. R. D., Faquin, V., Moreira, F. M. D. S., Oliveira Júnior, A. C. D., Lisboa, C. C. (2002) Efeito do boro na nodulação da ervilha cultivada em solos de várzea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 37 (8): 1137-1143.
- Barbosa, R. A. (ed.). (2006) *Morte de pastos de braquiárias*. Embrapa. 206p
- Baudet, L., Peres, W. (2004) Recobrimento de sementes. *Seed News*. 8 (1): 20-23.
- Beltrão, N. E. M., do Vale, L. S., Marques, L. F., Cardoso, G. D., Silva, F. V. F. (2010) Fontes e modos de aplicação de boro no algodoeiro herbáceo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 5 (5): 01-07.
- Bettiol, J. V. T., Pedrinho, A., Merloti, L. F., Bossolani, J. W., de Sá, M. E. (2015) Plantas de cobertura, utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. *Uniciências*. 19 (1): 3-10.
- Bianchi, F. D., de Oliveira Derré, L., Abrantes, F. L., Custódio, C. C. (2016). Germinação de sementes revestidas e não revestidas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em condições de deficiência hídrica. In *Colloquium Agrariae*. 12 (2): 32-37.
- Brasil. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília, snda/dndv/clav, 2009. 395p.
- Butler, T. J., Celen, A. E., Webb, S. L., Krstic, D., Interrante, S. M. (2014) Temperature affects the germination of forage legume seeds. *Crop Science*. 54 (6): 2846-2853.
- Campos, L. H. F., Mello, M. S. C., Carvalho, S. J. P., Nicolai, M., Christoffoleti, P. J. (2012) Crescimento inicial de *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* e *Stizolobium aterrimum*. *Planta Daninha*. 30 (3): 497-504.
- Cardoso, E. D., de Sá, M. E., Haga, K. I., da Silva Binotti, F. F., Nogueira, D. C., Valério Filho, W. V. (2014) Desempenho fisiológico e superação de dormência

em sementes de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. *Semina: Ciências Agrárias*. 35 (1): 21-37.

Carvalho, C. A. B. D., Peres, A. A., Premazzi, L. M., Malafaia, P., Carvalho, M. I. A., Paciullo, D. S. C., Costa, V. A. C. (2014) Performance of dairy heifers raised on Xaraés palissadgrass (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) pasture supplemented with two types of mineral mixture. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 34 (1): 46-50.

Carvalho, N. M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 5ªed. 590p.

Castagnara, D. D., Krutzmann, A., Zoz, T., Steiner, F., Castro, A. M. C, Neres, M. A., Oliveira, P. S. R. D. (2012) Effect of boron and zinc fertilization on white oats grown in soil with average content of these nutrients. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41 (7): 1598-1607.

CEPEA, D. (2020). Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.

Conceição, P. M. D., Vieira, H. D., Canellas, L. P., Marques Júnior, R. B., Olivares, F. L. (2008) Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 43 (4): 545-548.

Deminicis, B. B. (2009) Leguminosas forrageiras tropicais: características importantes, recursos genéticos e causas dos insucessos de pastagens consorciadas. *Viçosa-MG: Aprenda Fácil*. 167p.

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 (2): 103-111.

Dias-Filho, M. B. (2014) Diagnóstico das pastagens no Brasil. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*.36p.

Ebone, L. A., Caverzan, A., Chavarria, G. (2019) Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. *Plant Physiology and Biochemistry*. 145 (1):34-42.

Epstein, E., Bloom, A. P. (2006). *Princípios e perspectivas*. Londrina. editora planta. 2. ed. 404p.

- Faquin, V. (2005) *Nutrição de plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 183p.
- Farooq, M., Siddique, K. H., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D. J., Wahid, A. (2011). Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil and Tillage Research*. 111 (2): 87-98.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. (2012) Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of soil science and plant nutrition*. 12 (1): 125-142.
- Feitosa, F. R. C, Guimarães, M. D. A., Hendges, A. R. A. A, Silva, B. N., Takane, R. J. (2017) Efeitos de temperaturas, recipientes e substratos no desenvolvimento de *Brassica rapa* subsp. *nipposinica*. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 116 (1): 39-50.
- Fernandes, A. M., Soratto, R. P., Moreno, L., Evangelista, R. M. (2015) Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. *Bragantia*. 74 (1): 102-109.
- Ferreira, A. G., Borghetti, F. (2004) *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed. 323p.
- Formentini, E. A. (2008). *Cartilha sobre adubação verde e compostagem*. 1. ed. Vitória, ES, Incaper, 27p.
- Gama, T. D. C. M., Volpe, E., Lempp, B., Costa Galdeia, E. (2013) Recuperação de pasto de capim-braquiária com correção e adubação de solo e estabelecimento de leguminosas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 14 (4): 635 – 647.
- Gardarin, A., Dürr, C., Mannino, M. R., Busset, H., Colbach, N. (2010) Seed mortality in the soil is related to seed coat thickness. *Seed Science Research*. 20 (4): 243-256.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2008) *Digital Image Processing*. 2. ed Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.779p
- Guedes, M. A., Mata, M. E. R. M. C., Duarte, M. E. M., Farias, P. A. (2011) Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*.13 (3): 279-294.

- Hasana, R., Miyake, H. (2017) Salinity stress alters nutrient uptake and causes the damage of root and leaf anatomy in maize. *KnE Life Sciences*. 219-225.
- Hoagland, D. R., Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. *California agricultural experiment station*. 347(2. ed).
- IBGE. (2019). Censo Agropecuário 2017.
- IPCC, C. C. (2007). The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.
- Kim, Y. H., Khan, A. L., Waqas, M., Lee, I. J. (2017) Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. *Frontiers in Plant Science*. 8 (510): 1-7.
- Kirkby, E. A., Römheld, V. (2007) Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. *Informações agronômicas*. 118 (2): 1-24.
- Lago, A. A., Martins, L. (1998) Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 33 (2): 199-204.
- Le, B., Nadeem, M., Yang, S. H., Shin, J. A., Kang, M. G., Chung, G., Sun, S. (2019) Effect of silicon in *Pyropia yezoensis* under temperature and irradiance stresses through antioxidant gene expression. *Journal of Applied Phycology*. 31 (2): 1297-1302.
- Lopes, M. L. T., Carvalho, P. D. F., Anghinoni, I., Santos, D. D., Aguinaga, A. A. Q., Flores, J. P. C., Moraes, A. D. (2009) Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. *Ciência Rural*. 39 (5):1499-1506.
- Macedo, G. A. R., Castro, M. A. A., Campos, S. R. F., Carvalho, V. M. (2005) Importância da qualidade de sementes na formação e recuperação de pastagens. *Informe Agropecuário*. 26 (226): 15-24.
- Macharia, P. N., Gachene, C. K. K., Mureithi, J. G., Kinyamario, J. I., Ekaya, W. N., Thurania, E. G. (2011). The effect of introduced forage legumes on improvement of soil fertility in natural pastures of semi-arid rangelands of Kajjido District, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*,14 (1): 221-227.

- Macho-Rivero, M. Á., Camacho-Cristóbal, J. J., Herrera-Rodríguez, M. B., Müller, M., Munné-Bosch, S., González-Fontes, A. (2017) Abscisic acid and transpiration rate are involved in the response to boron toxicity in *Arabidopsis* plants. *Physiologia plantarum*. 160 (1): 21-32.
- Macho-Rivero, M. A., Herrera-Rodríguez, M. B., Brejcha, R., Schöffner, A. R., Tanaka, N., Fujiwara, T., González-Fontes, A., Camacho-Cristóbal, J. J. (2018) Boron toxicity reduces water transport from root to shoot in *Arabidopsis* plants. Evidence for a reduced transpiration rate and expression of major pip aquaporin genes. *Plant and Cell Physiology*. 59 (4): 841-849.
- Maguire, J. D. (1962) Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2 (1): 176-177.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres. 638p.
- Marcos Filho, J.(2015) Deterioração de sementes. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. - Londrina – PR: ABRATES. 660p.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic. Press London 2. ed. 889.
- Mattiello, E. M., Ruiz, H. A., Silva, I. R. D., Barros, N. F. D., Neves, J. C. L., Behling, M. (2009). Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 33 (5): 1281-1290.
- McGeary, R. K. (1961). Mechanical packing of spherical particles. *Journal of the American ceramic Society*. 44 (10): 513-522.
- Medeiros, A. D., Pereira, M. D., Silva, J. A. (2018) Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 13 (3):1-7.
- 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*. 26 (2): 70-75.
- Melo, L. F., Martins, C. C., Da Silva, G. Z., Boneti, J. E. B., Vieira, R. D. (2016) Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. *Revista Ciência Agronômica*. 47 (4): 667-674.

- Mendonça, E. A. F., Carvalho N. M., Ramos N. P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (sh2). *Revista Brasileira de Sementes*. 29 (2): 68-79.
- Muneer, S., Park, Y. G., Kim, S., Jeong, B. R. (2017) Foliar or subirrigation silicon supply mitigates high temperature stress in strawberry by maintaining photosynthetic and stress-responsive proteins. *Journal of Plant Growth Regulation*. 36 (4): 836-845.
- Nakagawa, J. (1999) Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 1:1-24.
- Nascimento, W. M., Silva, J. B. C. D., Santos, P. E. D. C., Carmona, R. (2009) Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*. 27 (1): 12-16.
- Ohse, S., Marodim, V., Dos Santos, O. S., Lopes, S. J., Manfron, P. A. (2000) Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Revista da FZVA*, 8 (1): 41-50.
- Oliveira, V. S., da Silva Moraes, J. A., Fagundes, J. L., dos Santos Santana, J. C., Lima, I. G. S., Santos, C. B. (2015) Produção e composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais submetidas a dois níveis de irrigação. *Archives of veterinary Science*. 20 (2): 27-36.
- Pereira, N. M. Z., Ernani, P. R., Sangoi, L. (2007) Disponibilidade de zinco para o milho afetada pela adição de Zn e pelo pH do solo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 6 (3): 273-284.
- Pessoa, A. C. S., Luchese, E. B., Luchese, A. V. (2000) Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. *Revista brasileira de ciência do solo*. 24 (4): 939-945.
- Peters, J. B. (2005) Wisconsin procedures for soil testing, plant analysis and feed & forage analysis: Plant analysis. *Department of soil science, college of agriculture and life sciences*. Madison, WI: University of Wisconsin-Extension.
- Pinto, C. A. G., Carvalho, M. L. M. D., Andrade, D. B. D., Leite, E. R., Chalfoun, I. (2015) Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. *Revista Ciência Agrônômica*. 46 (2): 319-328.

- Prado, R. D. M. (2008) *Nutrição de plantas*. Editora Unesp. 407p
- Queiroz, P. C., de Souza, A. R., dos Santos, T. M., Clemente, J. M., Duarte, A. R., Machado, M. G. (2019) Superação de dormência de sementes de *Mucuna-Preta*. *Humanidades e tecnologia (finom)*. 1 (18): 68-75.
- Rezende, P. L. D. P., Restle, J., Fernandes, J. J. D. R., Pádua, J. T., Freitas Neto, M. D. D., Rocha, F. M. D. (2011) Desempenho e desenvolvimento corporal de bovinos leiteiros mestiços submetidos a níveis de suplementação em pastagem de *Brachiaria brizantha*. *Ciência Rural*. 41 (8):1453-1458.
- Rodrigues, F. A., Oliveira, L. A. K., Korndorfer, A. P., Korndorfer, G. H. (2011) Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. *Informações agronômicas*. 134: 14-20.
- Romani, F., de Carvalho, R. I. N. (2016) Break dormancy, germination and vigor of *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*. 2 (3): 235-239.
- Russi, C. C., Assis Da Silva, F., Pereira, D. R., Pazoti, M. A., De Almeida, L. L., Artero, A. O. (2017) Detecção do padrão de motricidade fina em pacientes com doença de parkinson a partir de imagens digitalizadas. *Colloquium Exactarum*. 9 (1): 33-44.
- Santos, F. C., Oliveira, J. A., Von Pinho, E. V. R., Guimarães, R. M., Vieira, A. R. (2010) Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Brasileira de Sementes*. 32 (3): 69-78.
- Santos, R. M., Voltolini, T. V., Angelotti, F. Dantas, B. F. (2013). Germinação de sementes de capim-bufel em diferentes temperaturas. *Pangeia Científica* 1:11-17.
- Santos, S. R. G. (2016) Peletização de sementes florestais no Brasil. *Floresta e Ambiente: (Artigo de revisão)*. 23 (2): 286-294.
- 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 seeds coated with different layers of inert material. *Journal of Experimental Agriculture International*, 18 (4): 1-8.

- Silva, P. P., Freitas, R. A., Cícero, S. M., Marcos Filho, J., Nascimento, W. M. (2014) Análise de imagens no estudo morfológico e fisiológico de sementes de abóbora. *Horticultura Brasileira*, 32 (2): 210-214.
- Silva-Matos, R. R. S. D., Albano, F. G., Cavalcante, Í. H. L., Pessoa Neto, J. A., Silva, R. L., Oliveira, I. V. D. M., Carvalho, C. I. F. S. (2017). Desenvolvimento inicial de mudas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de boro aplicadas na semente. *Revista de Ciências Agrárias*. 40 (4):30-39.
- Somrat, N., Sawadeemit, C., Vearasilp, S., Thanapornpoonpong, S. N., Gorinstein, S. (2018) Effects of different binder types and concentrations on physical and antioxidant properties of pelleted sweet corn seeds. *European Food Research and Technology*. 244 (3): 547-554.
- Sousa, P. G. F., 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 (38):2091-2097.
- Sousa, P. G, Vieira, H. D, Acha, A. J (2017) Revestimento com diferentes doses de fertilizante em sementes de Vinhático. *American Journal of Plant Sciences*. 8 (10):2554-2568.
- Souza, B. I., Macêdo, M. L. A., Silva, G. J. F. (2016) Temperatura dos solos e suas influências na regeneração natural da caatinga nos Cariris Velhos–PB. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*. 35 (1) :261-287.
- Strassburg, B. B., Latawiec, A. E., Barioni, L. G., Nobre, C. A., da Silva, V. P., Valentim, J. F., Vianna, M., Assad, E. D. (2014) When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change*. 28:84-97.
- Tambara, A. A. C., Sippert, M. R., Jauris, G. C., Flores, J. L. C., Henz, É. L., Velho, J. P. (2017) Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 39 (3): 235-241.
- Tavallali, V. (2017) Interactive effects of zinc and boron on growth, photosynthesis, and water relations in pistachio. *Journal of Plant Nutrition*. 40 (11):1588-1603.

- TBIT- Tecnologia e Sistemas. (2014) *Manual de usuário do sistema de análise de sementes*. Lavras – MG. 152p.
- Terra, A. B. C., Florentino, L. A., Rezende, A. V. D., Silva, N. C. (2019) Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*. 42 (2): 11-20.
- Valle, C. B., Euclides, V. P. B., Pereira, J. M., Valério, J. R., Pagliarini, M. S., Macedo, M. C. M., Leite, G. G., Lourenço, A. J., Fernandes, C. D., Dias-Filho, M. B., Lempp, B., Pott, A., de Souza, M. A. (2004) O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação de pastagens de braquiária. *Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E)*. 36p.
- Vela, R. S., Moterle, L. M., Santos, R. F., Chichanoski, C., Braccini, A. L. (2018) Quebra de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. *Revista de Ciências Agrárias*. 41 (2):41-50.
- Viana, J. H. M., Teixeira, W. G., Donagemma, G. K. (2017) Densidade de partículas. In: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3ª ed. Embrapa Milho e Sorgo. 76-81.
- Vitti, G. C., Serrano, C. D. E. (2007) O zinco na agricultura. *DBO Agrotecnologia*. 3:10-11.
- Xavier, P. B., Vieira, H. D. Physiological potential of seeds of perennial soybean cv. Comum coated with different materials. (2018) *American Journal of Plant Sciences*. 9 (1): 1-12.
- Xavier, P. B., Vieira, H. D., Guimarães, C. P. Physiological potential of stylosanthes cv. Campo Grande seeds coated with different materials. (2015) *Journal of Seed Science*. 37 (2): 117-124.
- Yamada, T. (2004) Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. *Informações agrônomicas*. 105 (1): 1-12.
- Zare, A. A., Khoshgoftarmanesh, A. H., Malakouti, M. J., Bahrami, H. A., Chaney, R. L. (2018). Root uptake and shoot accumulation of cadmium by lettuce at various Cd: Zn ratios in nutrient solution. *Ecotoxicology and environmental safety*. 148:441-446.

- Zhang, C., Si, Y., Lamkey, J., Boydston, R., Garland Campbell, K., Sankaran, S. (2018) High-throughput phenotyping of seed/seedling evaluation using digital image analysis. *Agronomy*. 8 (5):1-14.
- Zimmer, A., Verzignassi, J., Laura, V., Valle, C., Jank, L., Macedo, M. (2007). Escolha das forrageiras e qualidade de sementes. *Curso de pastagens*. 22-47.