

**RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE ESTILOSANTES CV. CAMPO
GRANDE E SOJA PERENE CV. COMUM COM MICRONUTRIENTE**

PRISCILLA BRITES XAVIER

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2015**

**RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE ESTILOSANTES CV. CAMPO
GRANDE E SOJA PERENE CV. COMUM COM MICRONUTRIENTE**

PRISCILLA BRITES XAVIER

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 – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 132/2015

Xavier, Priscilla Brites

Recobrimento de sementes de estilosantes cv. Campo grande e soja perene cv. comum com micronutriente / Priscilla Brites Xavier. – 2015. 143 f.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.

Bibliografia: f. 114 – 127.

1. Fabácea forrageira 2. Recobrimento 3. Drageadora 4. Micronutriente 5. Germilnação I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD– 633.3421

**“RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE ESTILOSANTES CV. CAMPO
GRANDE E SOJA PERENE CV. COMUM COM MICRONUTRIENTE”**

PRISCILLA BRITES XAVIER

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 25 de fevereiro de 2015

Comissão examinadora:

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D. Sc., Fitotecnia) - UENF

Prof. Roberto Ferreira da Silva (Ph.D., Horticultura) – UFV

D.Sc. Renata Vianna Lima (Produção Vegetal) – UENF

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

Dedico

*Aos meus amados pais, **Eduardo e Maria Aparecida**, por todas as vezes que vocês tiveram que abrir mão de alguma coisa por mim ou pelo meu irmão, pelos pais extraordinários que são, pela constante presença e torcida e pelo exemplo de vida que me permitiu alcançar mais uma vitória!*

*Ao meu querido e amado irmão, **Eduardo**, por ser simplesmente você, meu irmão, pelo amor, pela torcida, pelo incentivo, pela descontração e por tornar essa caminhada mais animada.*

*Aos meus queridos avós paternos e maternos, **Alice e Alfredo e Elcy e Zico**, por suas orações, pela torcida, mas principalmente, por todos os ensinamentos que foram passados a mim pelos meus pais.*

*Ao meu noivo e futuro marido, **Victor**, por fazer parte da minha vida e torná-la tão maravilhosa, por sempre acreditar em mim e por fazer com que os meus sonhos também sejam seus.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ser meu refúgio e fortaleza, socorro bem presente nas tribulações, por ser o alicerce da minha vida e por sempre me dar forças para eu alcançar a vitória.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias por toda oportunidade e experiência oferecidas a mim durante toda a minha vida acadêmica nessa instituição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa para a condução desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, D. Sc. Renata Vianna Lima, ao professor Geraldo de Amaral Gravina e ao professor Roberto Ferreira da Silva, por terem aceitado fazer parte desta banca e por toda contribuição no presente trabalho.

Ao professor Henrique, por toda a confiança depositada em mim para a realização deste trabalho, por todo o conhecimento e experiências compartilhadas ao longo desses anos, pela orientação, pela preocupação, pela compreensão, mas principalmente, pela amizade.

À professora Janie Mendes Jasmim, pela imensa troca de experiências e por todo conhecimento compartilhado comigo ao longo da minha vida acadêmica, por sua preocupação característica para com suas “pupilas”, mesmo quando estas estavam “longe” e pela amizade inestimável que construímos e que, com certeza terá um lugar especial em meu coração.

Às companheiras e ao companheiro de trabalho do Laboratório de Sementes, Cynthia, Mariá, Amanda, Renata, Anna Christina, Priscila e Antônio Carlos pela ajuda na condução dos experimentos, pela troca de experiências, pelas novas experiências vividas e pelos momentos de descontração durante esses anos que, com certeza, formaram laços de amizade que serão inesquecíveis.

À Tatiana, que apesar do pouco tempo de convivência no laboratório, sempre me ajudou e continua ajudando, apesar da distância. Obrigada pelas palavras sempre amigas, pelos e-mails “carta” que trocamos e por todo carinho e torcida que você tem por mim.

À Jéssica, a última sobrevivente de um grupo de adolescentes que, há alguns anos atrás resolveram dividir um “apartamento”, mas acabaram dividindo alegrias, tristezas, opiniões, conquistas, derrotas, sonhos, filhos, enfim...dividimos mais que um apartamento e suas despesas, dividimos uma fase de nossas vidas que nunca deixaremos a memória tirá-la de nós.

À Nayara, que chegou nos últimos anos desses longos anos e que, com seu jeitinho atencioso e carinhoso, cativou mais uma amizade.

À Andrezza, que no início dessa jornada ofereceu uma amizade que, a princípio eu não fazia ideia que seria para a vida toda, mas que agora eu não me imagino ter alcançado todas essas conquistas sem você e o seu apoio. Você foi um presente que Deus me enviou para compartilhar as dificuldades e recompensas durante essa vida acadêmica e durante todos os outros dias de nossas vidas.

À minha família, meus pais amados e meu irmão querido, que acompanhou todas as dificuldades e alegrias que foram surgindo no caminho, que me deu força e incentivo, mesmo quando o cansaço era grande...vocês nunca me permitiram nem pensar que essa caminhada seria difícil, pelo contrário, vocês sempre disseram que eu era capaz de tudo isso e muito mais. Pois é, vocês tinham razão! Porque esta jornada termina por aqui, mas uma nova etapa está só começando e eu nem preciso dizer que eu sei que vai dar certo, porque vocês já me falaram isso há muito tempo atrás. Então, “Parabéns para NÓS”, porque esta conquista é NOSSA! Amo muito todos vocês!

Ao meu amor, meu noivo, meu futuro marido, meu companheiro, meu “compartilhador” de sonhos, Victor, por ter compartilhado desse sonho comigo, por sempre me incentivar, por não permitir que eu desanimasse, por entender as ausências

e mesmo assim, me fazer a mulher mais feliz desse mundo. Nunca se esqueça que “Eu só quero te fazer tão feliz quanto você me faz!” Amo muito você!

Enfim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão desse trabalho e para o fechamento de mais uma etapa importante na minha vida.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1- Rebanho bovino no Brasil.....	3
2.2- Fabáceas forrageiras em pastagens.....	4
2.2.1- Morfologia e botânica.....	4
2.2.2- Importância das fabáceas e a fixação biológica de nitrogênio.....	5
2.2.3- Consórcio poácea x fabácea.....	6
2.3- Exigências nutricionais em fabáceas forrageiras.....	8
2.3.1- Micronutrientes.....	9
2.3.2- Boro (B).....	11
2.3.3- Zinco (Zn).....	13
2.4- Recobrimento de sementes.....	15
2.4.1- Materiais utilizados no recobrimento de sementes.....	17
2.5- Espécies de fabáceas estudadas.....	22
2.5.1- Estilosantes Campo Grande (<i>Stylosanthes capitata/macrocephala</i> cv. Campo Grande I e II.....	22
2.5.2- Soja perene (<i>Neonotonia wightii</i> cv. Comum).....	23
3. TRABALHOS.....	25
3.1- Efeito do recobrimento com diferentes materiais no potencial fisiológico	

de sementes de estilosantes cv. Campo Grande.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
3.2- Efeito do recobrimento com diferentes materiais no potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum.....	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
3.3- Potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande em resposta ao recobrimento com zinco e boro.....	70
RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	71
INTRODUÇÃO.....	72
MATERIAL E MÉTODOS.....	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
3.4- Potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum em resposta ao recobrimento com zinco e boro.....	90
RESUMO.....	90
ABSTRACT.....	91
INTRODUÇÃO.....	92
MATERIAL E MÉTODOS.....	93

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	97
CONCLUSÕES.....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
APÊNDICE A.....	129
APÊNDICE B.....	132
APÊNDICE C.....	135
APÊNDICE D.....	138
APÊNDICE E.....	141

RESUMO

XAVIER, Priscilla Brites; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2015; **Recobrimento de sementes de estilosantes cv. Campo Grande e soja perene cv. Comum com micronutriente**; Professor Orientador: Henrique Duarte Vieira.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes materiais de enchimento, bem como a adição dos micronutrientes zinco e boro, ao recobrimento, no potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande e de soja perene cv. Comum. Para isso, foram realizados quatro experimentos, sendo que as espécies estudadas foram avaliadas em experimentos independentes. No primeiro experimento, sementes de estilosantes foram recobertas com os seguintes materiais de enchimento: calcário dolomítico (CA) (0,25 mm), areia (A) (0,25 mm), silicato de cálcio (S) e carvão vegetal ativado (CV). Além desses materiais foi utilizada uma solução cimentante composta por água, pré-aquecida a 70 °C, e cola à base de acetato de polivinila (PVA). Os tratamentos constituíram de: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA; CA + A + PVA; CA + CV + PVA; S + PVA; S + A + PVA e; S + CV +PVA. Após o recobrimento, as sementes foram avaliadas, quanto ao teor de água (TA), ao diâmetro máximo (DMA), ao diâmetro mínimo (DMI), ao peso de mil sementes não recobertas e recobertas (PMS), ao teste de germinação, à primeira contagem de germinação (PCG), ao índice de velocidade de germinação (IVG) e ao tempo médio de germinação (TmG). Em casa-de-vegetação, as avaliações foram feitas por meio do teste de emergência, do

índice de velocidade de emergência (IVE), do tempo médio de emergência (TmE), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz (CR), da massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e da massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR). O recobrimento aumentou o PMS, o DMA e DMI e diminuiu seu TA. Os tratamentos constituídos por CA + PVA e CA + A + PVA aumentaram o TmG, no entanto, nenhum dos tratamentos prejudicou a germinação final das sementes. O tratamento com S + PVA se destacou dos demais em função dos maiores incrementos na massa fresca e seca da parte aérea e raiz. No segundo experimento os mesmos materiais de enchimento empregados no primeiro experimento foram utilizados e foram realizadas as mesmas avaliações. Entretanto, as sementes submetidas ao recobrimento foram de soja perene. Da mesma forma que para sementes de estilosantes, o recobrimento também promoveu aumento no PMS, DMA e DMI e diminuição no TA. O IVG, o TmG, a emergência e o IVE foram afetados pelo recobrimento, porém estes não interferiram na germinação. Os recobrimentos com silicato com ou sem carvão proporcionaram TmE semelhante ao das SNR. Os recobrimentos não afetaram a MFPA, MSPA e MFR, no entanto, o recobrimento com CA + A + PVA ou CA + CV + PVA proporcionou os maiores incrementos no CPA, MFPA, MSPA, MFR e MSR. No terceiro experimento foram avaliadas diferentes doses dos micronutrientes zinco e boro no recobrimento de sementes de estilosantes. As fontes dos micronutrientes foram sulfato de zinco (Zn) e ácido bórico (B). Os tratamentos foram: T1– sementes não recobertas; T2– sementes recobertas apenas com silicato de cálcio; T3– 80 g de B + 60 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T4– 120 g de B + 90 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T5– 160 g de B + 120 g de Zn kg⁻¹ de sementes e; T6– 200 g de B + 150 g de Zn kg⁻¹ de sementes. Além dos micronutrientes, as sementes foram recobertas com silicato de cálcio e uma solução de água + cola PVA. Posteriormente, as sementes foram avaliadas por meio do teste de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG), pelo teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), área foliar (AF), número de nódulos (NN) e massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e da raiz (MFR e MSR). O recobrimento com os micronutrientes reduziu e atrasou a germinação das sementes, a emergência e o IVE das plantas, porém não afetou o TmG e TmE. O Tratamento 4 (120 g de B + 90 g de Zn kg⁻¹ de sementes) proporcionou os maiores valores de CPA, CR, AF e NN. Os tratamentos afetaram de modo distinto a

MFPA, MSPA, MFR e MSR. No quarto experimento foram avaliadas as mesmas doses de micronutrientes e foram realizadas as mesmas avaliações do terceiro experimento, entretanto, o material de enchimento utilizado foi calcário + carvão vegetal ativado + cola PVA e, as sementes submetidas ao recobrimento foram de soja perene. Os tratamentos prejudicaram a qualidade fisiológica das sementes em testes de laboratório, porém os tratamentos acrescidos das maiores doses de Zn e B não afetaram a emergência das plantas. O tratamento acrescido de 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes ao recobrimento proporcionou maiores valores de CPA e AF, entretanto, a adição dos micronutrientes ao recobrimento não prejudicou o CR, NN, MFR e MSR.

ABSTRACT

XAVIER, Priscilla Brites; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2015; **Seed coating of estilosantes cv. Campo Grande and perennial soybean cv. Comum with micronutrient**; Supervisor: Henrique Duarte Vieira.

The aim of this study was to evaluate the effect of different coating materials, as well as the addition of the micronutrients zinc and boron, to the coating, in the physiological potential of estilosantes cv. Campo Grande and perennial soybean cv. Common seeds. For this, four experiments were conducted, wherein these species were evaluated in independent experiments. In the first experiment, estilosantes seeds were coated on a coating machine with the following coatings: limestone (L) (0.25 mm), sand (S) (0.25 mm), calcium silicate (CS) and activated charcoal (AC). In addition to these materials, a solution composed by water, preheated to 70 ° C, and polyvinyl acetate glue (PVA) was used. The treatments were constituted by: UCS - uncoated seeds; L + PVA; L + S + PVA; L + AC + PVA; CS + PVA; CS + S + PVA and; CS + AC + PVA. After coating, the seeds were analyzed, in the laboratory, for water content (WC), maximum diameter (MAD), minimum diameter (MID), one thousand of uncoated and coated seed weight (TSW), germination test on paper, first count (FC), germination speed index (GSI) and mean germination time (MGT). In greenhouse the evaluations were made through the emergence test, emergence speed index (ESI), mean emergence time (MET), shoot length (SL), root length (RL), fresh and dry weight of shoots (FWS and DWS) and fresh and dry root (FWR and DWR). The coating increased the TSW, MAD, MID and

decreased the WC. The treatments consisted of L + PVA and L + S + PVA increased MGT, however, none of the treatments affected negatively the final seed germination. Treatment with CS + PVA contrasted to the others due to higher increases in fresh and dry weight of shoot and root. In the second experiment, the same coating materials, used in the first experiment, were used and the same evaluations were made. However, the seeds submitted to the coating were perennial soybean. Similar as for estilosantes seeds, the coating also promoted the increase in TSW, MAD and MID and decreased WC. The GSI, GMT, emergency and ESI were affected by the coating, but these did not affect the germination. The calcium silicate coating with or without activated charcoal provided EMT similar to the UCS. The coatings did not affect the FWS, DWS and FWR, however, the coating with L + S + PVA or L + AC + PVA provided the largest increases in SL, FWS, DWS, FWR and DWR. In the third experiment different doses of micronutrients zinc and boron in the seed coating of estilosantes were evaluated. The sources of micronutrients were zinc sulfate (ZS) and boric acid (BA). The treatments were: T1 - uncoated seeds; T2 - 0 g of BA + 0 g of ZS kg⁻¹ seed; T3 - 80 g of BA + 60 g of ZS kg⁻¹ seeds; T4 - 120 g of BA + 90 g of ZS kg⁻¹ seed; T5 - 160 g of BA + 120 g of ZS kg⁻¹ seed and; T6 - 200 g of BA + 150 g of ZS kg⁻¹ seed. Besides the micronutrients, seeds were coated with calcium silicate and a solution of water + PVA glue. Posteriorly, they were evaluated by the germination test, germination speed index (GSI) and mean germination time (MGT), by the emergence test, emergence speed index (ESI), mean emergence time (MET), shoot length (SL) and root (RL), leaf area (LA), number of nodes (NN) and fresh and dry weight of shoots (SFW and SDW) and root (FRW and RDW). The coating with micronutrients reduced and delayed seed germination, the plant emergence and the ESI, but did not affect the GMT and EMT. Treatment 4 gave the highest SL, RL, LA and NN values. The treatments affected differently SFW, SDW, FRW and RDW. In the fourth experiment the same doses of micronutrients were evaluated, and the same evaluations that were carried out in the third experiment were made, however, the coating material used was lime + activated charcoal + PVA glue, and the seeds that were subjected to the coating were perennial soybean. The treatments damaged the physiological quality of seeds in laboratory tests, but the treatments added by the higher doses of Zn and B did not affect plant emergence. The treatment added by 120 g of boric acid and 90 g of zinc sulfate kg seeds⁻¹ to the coating

provided the largest SL and LA values, however, the addition of micronutrients to the coating did not damaged the RL, NN, RFW and RDW.

1. INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte vem se destacando cada vez mais na economia nacional e no cenário mundial. Em 2012, o Brasil foi responsável pela segunda maior produção mundial de carne bovina (FAO, 2014) e em 2013 liderou a exportação mundial com o maior rebanho comercial do mundo (IBGE, 2013).

O rebanho brasileiro é caracterizado por ser criado, em sua maioria, a pasto e isto representa uma economia tanto na produção quanto no oferecimento de alimento a esses animais (Ferraz e Felício, 2010). Nesse contexto, as espécies forrageiras são de extrema importância para a sustentabilidade dessa atividade.

No que diz respeito às espécies forrageiras, as fabáceas têm se destacado em relação às poáceas, uma vez que elas elevam o valor nutricional da pastagem e contribuem para a redução de insumos, em razão da incorporação de nitrogênio via fixação biológica (Carvalho e Pires, 2008).

O estabelecimento rápido e uniforme das plantas no campo é uma condição fundamental para que se alcance um estande adequado, além de garantir a produtividade da cultura. Estandes irregulares e desuniformes acarretam em diferenças no padrão de desenvolvimento das plantas comprometendo a produtividade final.

Nesse sentido, para se alcançar um estande de plantas mais uniforme é preciso lançar mão da incorporação de novas tecnologias como, o recobrimento de sementes, o qual tem agregado valor às sementes e contribuído para um mercado cada vez mais exigente e competitivo (Medeiros et al., 2004).

A técnica do recobrimento de sementes consiste na deposição de um material seco, inerte, de granulometria fina e, um material cimentante, também chamado de adesivo à superfície das sementes proporcionando a elas um formato mais arredondado e liso e maior massa, o que auxilia no manuseio e na distribuição das sementes no sulco de semeadura (Nascimento et al., 2009). No entanto, a principal vantagem do recobrimento de sementes está na incorporação de nutrientes, reguladores de crescimento, inseticidas e fungicidas, visto que as quantidades destes produtos requeridas pelas plantas são pequenas e esta técnica permite a aplicação dos mesmos de modo mais eficaz e seguro (Baudet e Peres, 2004).

Diante do exposto, objetivou-se por meio desta pesquisa avaliar o efeito de diferentes materiais de enchimento, bem como a incorporação dos micronutrientes zinco e boro ao recobrimento no potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata/macrocephala*) e soja perene cv. Comum (*Neonotonia wightii*).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Rebanho bovino no Brasil

O rebanho bovino no Brasil ocupa um extenso território e responde pela geração de emprego e renda de milhões de brasileiros. Além disso, sua cadeia produtiva recebe grande destaque na economia rural brasileira (Buainain e Batalha, 2007).

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2014), a produção mundial de carne bovina em 2012 foi de 63,288 milhões de toneladas, sendo que deste total 9,307 milhões de toneladas, cerca de 14,7% da produção mundial, pertencem ao Brasil. Com essa produção o Brasil é o segundo maior produtor de carne bovina do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (18,7%). Com um efetivo bovino de 211,764 milhões de cabeças em 2013, o Brasil liderou a exportação mundial de carne bovina (IBGE, 2013).

A pecuária brasileira é caracterizada por ter a maioria do seu rebanho criada a pasto, o que torna esta prática uma maneira mais econômica de produzir e oferecer alimento aos animais (Ferraz e Felício, 2010). Portanto, a função das plantas forrageiras nesse sistema de produção é de extrema importância, tanto para a rentabilidade como, também, para a sua sustentabilidade. Visto que, o custo da produção da forragem chega a ser um terço daquele originado a partir de outras fontes

de alimento, como silagem, feno e alimentos concentrados (Peixoto et al., 2001). Por isso, o Brasil é um dos países com menor custo de produção de carne do mundo (Carvalho et al., 2009).

2.2- Fabáceas forrageiras em pastagens

2.2.1 – Morfologia e botânica

No Brasil a base da produção pecuária, em todas as suas regiões, são as pastagens, onde as nativas são uma importante fonte de alimento para os rebanhos. No entanto, as pastagens cultivadas vêm ocupando um espaço cada vez maior no cenário brasileiro (Costa et al., 2008).

Segundo os dados do último censo agropecuário, as áreas de pastagens no Brasil representavam 48,1% do total da área dos estabelecimentos agropecuários, algo em torno de 158,7 milhões de hectares, sendo este o principal uso da terra. Deste total, 101,4 milhões de hectares correspondem a pastagens plantadas (63,9% da área total de pastagens), enquanto que, 57,3 milhões de hectares equivalem às pastagens naturais (IBGE, 2006).

Esta expansão na área de pastagens plantadas começou, principalmente, devido à valorização da terra, aos créditos especiais na década de 70 e à necessidade de aumentar a produtividade da pecuária. Em parte, este aumento também se deve à introdução de espécies e cultivares mais adaptadas e menos exigentes em fertilidade como a *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha*, *Andropogon gayanus*, etc. e, ao desenvolvimento de novas técnicas de plantio, proporcionando a recuperação das áreas de pastagens (Costa et al., 2008).

As forrageiras consideradas bem-sucedidas são aquelas que, durante o seu processo evolutivo, desenvolveram mecanismos de escape ao superpastejo e aos predadores, assim como de adaptação às condições edafoclimáticas. Provavelmente, em razão da constante exposição a herbívoros, as poáceas africanas, como as dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Pennisetum*, sejam as mais utilizadas para formação de pastagens no mundo tropical (Valle et al., 2009).

As poáceas do gênero *Brachiaria* conquistaram, nos últimos 30 anos, grande importância econômica no Brasil, uma vez que estas viabilizaram a atividade pecuária

nos solos fracos e ácidos dos Cerrados e promoveram novos pólos de desenvolvimento e colonização no Brasil Central (Valle et al., 2009).

Entretanto, sabe-se que as poáceas tropicais oferecem menor qualidade nutricional comparada às temperadas. Portanto, a introdução de fabáceas tropicais, adaptadas ao sistema de criação a pasto, contribui para a solução de problemas de baixo nível de nitrogênio nos solos e a reduzida qualidade proteica disponível para os animais (Shelton et al., 2005) auxiliando assim, a diminuir o declínio qualitativo e quantitativo da biomassa forrageira (Valle et al., 2009).

Visto que, o nitrogênio é de suma importância na sustentação dos sistemas agrícolas tropicais, as fabáceas forrageiras tropicais apresentam um grande potencial de exploração (Shelton et al., 2005).

Além disso, as fabáceas são importantes na formação de bancos de proteína, que são caracterizados por áreas semeadas exclusivamente com fabáceas, que tenham uso como forrageira e valor nutritivo. Essas áreas servem para estocar e suprir forragem rica em proteína aos animais, especialmente na estação seca, quando a qualidade da forragem em oferta é de baixo teor proteico, principalmente de poáceas (Barcellos et al., 2001).

2.2.2 – Importância das fabáceas e a fixação biológica de nitrogênio

Os solos que estão sob pastagens apresentam, com o tempo, maiores teores de matéria orgânica, por outro lado, os teores de nitrogênio são insuficientes para a manutenção da produtividade, principalmente no caso de pastagens exclusivas de poáceas (Paulino et al., 2008). De modo geral, a demanda por nitrogênio pelas forrageiras e outras culturas é maior que a quantidade disponível no solo, além disso, as poáceas são completamente dependentes desse nutriente, enquanto que, as fabáceas atendem à maioria das suas necessidades, pela associação simbiótica com bactérias fixadoras (Rouquette Jr. e Smith, 2010).

As formas minerais do nitrogênio, NH_4^+ e NO_3^- , são altamente solúveis e se perdem com facilidade por volatilização de amônia, lixiviação ou por redução do NO_3^- a formas gasosas (N_2O e N_2), a partir do processo de desnitrificação. De acordo com o sistema de manejo utilizado, as aplicações de adubos nitrogenados beneficiam a

produtividade vegetal apenas em curto prazo. Por isso, estudos têm sido feitos a fim de contornar o problema das perdas de nitrogênio no sistema de pastagens e, conseqüentemente, diminuir ou controlar a sua degradação (Reis Jr. et al., 2002).

Essa carência de nitrogênio nas pastagens pode, em parte, ser suprida pela introdução de fabáceas que, por meio da fixação biológica de nitrogênio, irão contribuir para a redução do uso de insumos, para o aumento da produtividade das forragens e do ganho animal, além de servir como uma opção a mais na pastagem elevando o seu valor nutricional (Soares, 2009).

Segundo Mendes et al. (2010), pastagens compostas com, aproximadamente, 30% de fabáceas consorciadas com poáceas, são suficientes para a manutenção da produtividade vegetal e animal, bem como da fertilidade do solo, em longo prazo. Além da incorporação de nitrogênio, pela fixação simbiótica, as fabáceas contribuem de maneira efetiva para a produção e sustentabilidade dos sistemas de pastejo, principalmente, em regiões com limitações ambientais.

A maior parte do nitrogênio, cerca de 80%, está representada na forma de gás atmosférico. Contudo, apesar da abundância de N_2 na atmosfera, as plantas não possuem um sistema enzimático capaz de quebrar a tripla ligação da molécula de N_2 e utilizá-la como fonte de proteína. Por outro lado, bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*, normalmente conhecidas por diazotróficas, são capazes de converter o N_2 atmosférico em amônia, a qual é incorporada em diversas formas de nitrogênio orgânico para a utilização pelas fabáceas. Este processo é chamado de fixação biológica de nitrogênio (Marin et al., 1999; Araújo e Carvalho, 2006).

2.2.3- Consórcio poácea x fabácea

A utilização de fabáceas forrageiras em consórcio com as poáceas reflete, de maneira definitiva, no aumento da produtividade em pastagens nativas ou cultivadas. Esse incremento proporcionado pela fabácea se deve à capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, bem como à sua reciclagem, além da melhoria da dieta animal (Carvalho e Pires, 2008).

Dentre as vantagens da inclusão das fabáceas nos sistemas de produção animal em pastagens, destacam-se: redução da ocorrência de pragas e doenças, além da degradação das pastagens, devido à diversificação do sistema que permite a utilização mais eficiente de nutrientes, luz e água, visto que poáceas e fabáceas apresentam épocas de crescimento diferenciadas, sistemas radiculares com profundidades diferentes, a interceptação de luz no sistema é diferenciada e etc.; melhoria na fertilidade do solo devido à fixação biológica de nitrogênio, além de aumentar a disponibilidade de nutrientes, especialmente P e S, que são acumulados em matéria orgânica fresca com baixa relação C/N; evita a erosão e lixiviação de nutrientes e estimula a ação microbiana, com impacto positivo nas condições físico-químicas do solo e na eficiência e reciclagem dos nutrientes, o que leva a uma melhor proteção do solo e; aumento da produção de forragem e melhoria da sua qualidade nutricional, principalmente no período seco, visto que, fabáceas bem adaptadas têm raízes profundas e são tolerantes à seca, o que permite a manutenção da folhagem verde durante a estação seca (Moura e Faria, 1995; Silva e Saliba, 2007; Carvalho e Pires, 2008).

Por outro lado, os problemas existentes com as desvantagens do uso de pastagens consorciadas estão relacionados com a dificuldade no estabelecimento, comparado às monoculturas, e no manejo, visto que pastagens consorciadas são mais dinâmicas e menos previsíveis (Moura e Faria, 1995).

Os benefícios da utilização de pastagens consorciadas são relatados em diversos trabalhos. Em estudo sobre o consórcio de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão foi observado que a massa de folhas do estilosantes (360 kg ha^{-1}), no mês de outubro, foi maior que a da poácea (180 kg ha^{-1}), evidenciando a importância da participação da fabácea na biomassa, potencialmente consumível, pelos ruminantes no final do período seco (Paciullo et al., 2003).

Costa (1995) observou que o consórcio de *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon com as fabáceas *Centrosema macrocarpum* CIAT-5065, *Calopogonium mucunoides* cv. Comum, *Desmodium ovalifolium* CIAT-350, *Pueraria phaseoloides* CIAT-9900 e *Centrosema pubescens* CIAT-438, proporcionou rendimentos de matéria seca e proteína bruta semelhantes àqueles obtidos com a poácea em cultivo solteiro adubada com $100 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Resultados semelhantes foram obtidos com o

uso da fabácea *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão em consórcio com capim-braquiária, onde se observou que a produção dessa poácea em consórcio com a fabácea foi compatível com a produção da mesma em monocultivo e adubada com nitrogênio (50 e 100 kg ha⁻¹). Os resultados obtidos ressaltam a economia com adubação nitrogenada que esta associação representa, além da melhoria na qualidade da dieta dos animais, uma vez que as fabáceas apresentam melhor qualidade nutricional que as poáceas (Martuscello et al., 2011).

Moreira et al. (2005) também observaram produções médias de matéria seca superiores referentes aos consórcios de *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa* com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, quando comparadas às dessas poáceas em cultivo puro e adubadas com nitrogênio.

O potencial das fabáceas em fixar o nitrogênio da atmosfera também foi evidenciado no consórcio de *Pennisetum americanum* com *Crotalaria juncea*, em que a fitomassa do consórcio apresentou o dobro de N, quando comparada à do *Pennisetum americanum* isolado. A *Crotalaria juncea* consorciada contribuiu com 65% da fitomassa produzida e aumentou a produtividade em 13%, quando comparada ao cultivo isolado do *Pennisetum americanum* (Perin et al., 2004).

2.3 – Exigências nutricionais em fabáceas forrageiras

Não se pode considerar como um indicador das necessidades quantitativas e qualitativas dos diferentes elementos químicos para uma planta apenas a sua presença nas cinzas. Por isso, Arnon e Stout (1939) estabeleceram três critérios a serem atendidos para que um elemento possa ser considerado como essencial para a planta:

- a) *Primeiro*: um elemento é considerado essencial se sua deficiência impede que a planta complete a fase vegetativa ou reprodutiva do seu ciclo de vida;
- b) *Segundo*: essa deficiência é específica do elemento em questão, ou seja, ela só poderá ser evitada ou corrigida com o fornecimento deste elemento, não podendo ser substituído por outro com propriedades similares;
- c) *Terceiro*: o elemento deve estar envolvido diretamente no metabolismo da planta e, portanto, seu benefício não deve estar relacionado apenas ao fato

de melhorar as características do solo, favorecer o crescimento da microflora ou algum efeito similar.

Os elementos minerais considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas são divididos em dois grupos, em função das quantidades exigidas pelas plantas (Faquin, 2005; Dechen e Nachtigall, 2006a):

- Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S
- Micronutrientes: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn

Os macronutrientes ocorrem, normalmente, em concentrações de 10 a 5000 vezes superior às dos micronutrientes (Faquin, 2005). Entretanto, deve-se ressaltar que apesar da ocorrência dos micronutrientes em baixas concentrações, estes têm a mesma importância que os macronutrientes no crescimento das plantas (Kirkby e Römheld, 2007).

2.3.1- Micronutrientes

O interesse pelos micronutrientes tem crescido muito nos últimos anos, principalmente, devido à limitação ao desenvolvimento das culturas, quando há deficiência destes elementos; ao aumento da produtividade da cultura e da sua qualidade, quando o suprimento de micronutrientes é fornecido em um nível adequado e; pelo uso eficiente de fertilizantes contendo nitrogênio e fósforo, quando a planta apresenta níveis apropriados de micronutrientes (Kirkby e Römheld, 2007).

Os micronutrientes são caracterizados por serem absorvidos em pequenas quantidades (da ordem de alguns miligramas por quilograma de matéria seca da planta). Isso é devido ao fato de eles não participarem de estruturas da planta, mas sim da constituição de enzimas ou pela atuação como seus ativadores (Dechen e Nachtigall, 2006b).

A função dos micronutrientes como constituintes de grupos prostéticos (componentes de natureza não-proteica de proteínas conjugadas e que são essenciais para a atividade biológica dessas proteínas) em metaloproteínas (proteína que contém um ou mais íons metálicos na sua estrutura) permite que eles catalisem processos redox por transferência de elétrons, principalmente os elementos de transição Fe, Mn, Cu e Mo. Além disso, os micronutrientes também formam complexos enzimáticos que

ligam a enzima ao substrato, como por exemplo, Fe e Zn. Da mesma forma, sabe-se que micronutrientes como Mn, Zn e Cu encontram-se presentes nas isoenzimas superóxido dismutase, as quais atuam como sistemas de varredura para eliminar radicais de oxigênio tóxicos, protegendo assim, as biomembranas, o DNA, a clorofila e as proteínas. O boro, por outro lado, é um constituinte essencial das paredes celulares (Kirkby e Römheld, 2007).

A quantidade exigida de nutrientes depende dos seus teores no material vegetal e do total de matéria seca produzida. Deste modo, como a concentração e a produção variam bastante, as exigências minerais das diferentes espécies também variam muito (Faquin, 2005).

O uso de micronutrientes tem mostrado resultados satisfatórios em fabáceas forrageiras, como foi observado para alfafa cv. Crioula (*Medicago sativa*), onde o fornecimento de boro proporcionou incrementos na matéria seca, com maiores valores nas folhas, o que é fundamental para seu uso na alimentação dos animais, visto que, estes preferem as folhas às hastes e, que estas apresentam melhor valor nutritivo (Santos et al., 2004).

A eficiência do uso de boro também foi evidenciada por Manfredini (2008), em estudo com soja perene. Segundo o autor, houve um incremento no número de folhas, na massa seca de raízes e na área foliar em função das doses de boro. Incrementos nas concentrações de ácido galacturônico, ácido glucurônico, ácidos urônicos totais, raminose e celulose nas folhas, também foram observados, o que evidencia a importância desse micronutriente nos constituintes da parede celular.

Em plantas de alfafa, as deficiências de zinco acarretam em tamanho reduzido de folhas, internódios curtos e ascendentes e encurvamento de folhas novas. Por outro lado, há má formação das folhas novas, com o aparecimento de necrose, pontos escuros e encurvamento do limbo, além de problemas no florescimento nos casos de deficiência de níquel (Moreira et al., 2007).

Dentre os micronutrientes, o boro e o zinco merecem grande destaque, pois são os que mais frequentemente promovem deficiência nas culturas nos solos das regiões tropicais (Faquin, 2005).

2.3.2- Boro (B)

O teor de B total nos solos é bastante variável, com teores que variam entre 3 e 100 mg kg⁻¹ e valores médios entre 10 e 20 mg kg⁻¹ (Dechen e Nachtigall, 2006b). Na fase sólida do solo, o B pode ser encontrado nos minerais silicatados e adsorvido nos minerais de argila e na matéria orgânica, bem como nos hidróxidos de alumínio e ferro (Yamada, 2000; Dechen e Nachtigall, 2006b).

O B encontra-se disponível para as plantas, na solução do solo, na forma de ácido bórico não dissociado (H₃BO₃), sob condições de pH neutro, formando complexos com cálcio ou ligado a compostos orgânicos solúveis, maneira pela qual ele é absorvido pela planta (Faquin, 2005; Dechen e Nachtigall, 2006b; Camacho-Cristóbal et al., 2008).

Essa disponibilidade de B no solo depende de alguns fatores tais como a matéria orgânica, o pH e a textura do solo.

O B é adsorvido pela matéria orgânica e com a sua mineralização a lixiviação é minimizada e, sua forma relativamente disponível para as plantas é mantida (Silva e Ferreyra, 1998; Ferreira et al., 2001; Niaz et al., 2007). O aumento do pH do solo proporciona o incremento da adsorção de B e, conseqüentemente, uma menor disponibilidade deste. Em solos com valores de pH abaixo de 7, a forma predominante de B é o ácido bórico, o qual apresenta pouca afinidade com os minerais argila e, por isso, é pouco adsorvido pelo solo. Com o aumento do pH, ocorre o aumento da concentração de B na forma de borato, o qual possui forte afinidade pelos minerais de argila, acarretando no aumento da adsorção de B (Valladares et al., 1999; Goldberg et al., 2000; Soares et al., 2008). Com relação à textura do solo, a adsorção de B é maior em solos de textura argilosa que os de textura arenosa, entretanto, nesses solos o B pode ser facilmente lixiviado (Alleoni e Camargo, 2000; Ferreira et al., 2001; Dechen e Nachtigall, 2006b; Niaz et al., 2007).

O B apresenta uma importante função na translocação de açúcares, em que a reação destes forma um complexo açúcar-borato (ionizável), o qual se move através das membranas celulares mais prontamente que moléculas de açúcar não ionizadas (Gauch e Dugger Jr., 1953). Participa do florescimento e crescimento do tubo polínico (Wang et al., 2003; Chagas et al., 2010), o que evidencia a sua importância para a

produção das culturas (Kirkby e Römheld, 2007); tem um importante papel na formação da parede celular da planta, regulando a síntese e a estabilidade de constituintes da parede celular (Hu e Brown, 1994), incluindo a membrana plasmática (Malavolta, 2006), logo, plantas com deficiência de B apresentam paredes celulares menos resistentes que aquelas sem deficiência deste micronutriente (Dechen e Nachtigall, 2006b). O B ainda participa dos processos de divisão e alongação celular (Kouchi e Kumazawa, 1976; Cohen e Lepper Jr., 1977); do transporte de auxinas (Tang e Fuente, 1986) e; da síntese da base nitrogenada uracila, componente do RNA, portanto, a deficiência de B afeta a síntese de ácido nucleico e, conseqüentemente, a de proteínas (Faquin, 2005). Além disso, exerce um papel importante na fixação biológica de nitrogênio, pois ele protege a enzima nitrogenase de danos causados pela toxidez de espécies de O_2 , como O_2^- e H_2O_2 (Azevedo et al., 2002; Malavolta, 2006).

Yamagishi e Yamamoto (1994) observaram que, em plantas de soja a deficiência de boro afetou o crescimento radicular bem como a fixação simbiótica de nitrogênio, tendo em vista que essa carência prejudicou o desenvolvimento dos nódulos e das raízes. El-Hamdaoui et al. (2003) também estudando o efeito do boro na fixação simbiótica, verificaram que o boro é um fator limitante para o desenvolvimento de nódulos sob estresse salino em plantas de ervilha, deste modo, o aumento de boro, juntamente com o de cálcio, promove o aumento da tolerância à salinidade no estabelecimento e desenvolvimento da relação simbiótica.

O boro também favorece a produção de massa seca, como foi evidenciado em alfafa, onde o uso de boro em solução nutritiva proporcionou um aumento na produção de massa seca tanto das folhas quanto das hastes dessa fabácea (Santos et al., 2004). O uso de boro em trevo vesiculoso propiciou um aumento de 130% na massa seca da parte aérea, além disso, promoveu um crescimento da raiz significativamente maior comparado ao tratamento controle, sem adição de boro (Favaretto et al., 2007).

A utilização de adubação boratada em trevo branco influenciou de maneira positiva, acarretando na melhoria da produção de forragem e produção e qualidade de sementes. Além disso, a aplicação de boro teve efeito significativo na germinação de sementes, visto que a deficiência deste pode causar defeitos no embrião (Assmann, 2009).

Manfredini (2008) evidenciou a importância do papel do boro no alongamento e na divisão celular, a partir dos resultados obtidos para comprimento e superfície radicular em função das doses de boro. Ademais, o boro atuou positivamente na produção de massa seca e na área foliar.

2.3.3- Zinco (Zn)

A deficiência de Zn, juntamente com a de boro, é muito comum no Brasil, tanto em culturas temporárias como nas perenes (Malavolta, 2006). Para pastagens, o Zn é o micronutriente que apresenta uma limitação mais frequente ao seu desenvolvimento (Vendrame et al., 2007).

A distribuição do Zn no solo se dá em cinco frações (Malavolta, 2006; Alloway, 2008):

- i) *Na solução do solo* – na forma de Zn^{2+} e complexos orgânicos com ácidos de baixo peso molecular;
- ii) *Trocável* – ligados às partículas do solo por cargas elétricas;
- iii) *Adsorvido, quelatizado ou complexado* – preso a ligantes orgânicos;
- iv) *Sorvido a argilas e óxidos metálicos insolúveis*;
- v) *Minerais primários*

O Zn presente na solução do solo é aquele que se encontra disponível para as plantas, portanto, o Zn sólido deve passar para a solução do solo. Entretanto, diversos fatores podem prejudicar esse processo e, conseqüentemente, diminuir a disponibilidade de Zn como, por exemplo, o pH do solo, a matéria orgânica, a concentração de fósforo (Vitti e Serrano, 2007), o teor de argila (Rocha, 1995) e o potencial redox (Alloway, 2008).

O pH do solo exerce grande influência na disponibilidade de Zn, acarretando na diminuição de seus valores com o aumento do pH (Oliveira et al., 1999; Andreotti et al., 2001; Pereira et al., 2007). Por outro lado, a matéria orgânica afeta a disponibilidade de Zn de maneiras antagônicas: aumentando a solubilidade pela formação de complexos com ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos fúlvicos; diminuindo-a pela formação de complexos orgânicos insolúveis, que acarretam na redução da disponibilidade de Zn; pela liberação de exsudados e ligantes pela raiz, os quais complexam o Zn na rizosfera

e; pelos microrganismos que imobilizam o Zn na biomassa e, posteriormente, liberam-no na mineralização (Malavolta, 2006).

O fósforo caracteriza-se por diminuir a disponibilidade de Zn para as plantas, acarretando na deficiência deste (Carneiro et al., 2008; Muner et al., 2011). Este efeito deve-se, provavelmente, à precipitação de compostos de P-Zn no solo; pela inibição não competitiva no processo de absorção; pelo menor transporte do Zn das raízes para a parte aérea e; principalmente, pelo efeito diluição, o qual é caracterizado pela diminuição do teor de um determinado nutriente na matéria seca (no caso o Zn), devido ao crescimento da planta em resposta à aplicação de outro nutriente deficiente no meio (no caso do fósforo) (Faquin, 2005).

Em condições de escassez de oxigênio a redução do zinco não ocorre, portanto, sua disponibilidade pode diminuir devido à formação de sulfeto insolúvel e pela precipitação, na forma de hidróxido, causada pela elevação do pH, em função das reações de redução (Malavolta, 2006).

A principal função do Zn no metabolismo das plantas é a de componente e ativador enzimático (Faquin, 2005), sendo essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura proteica ou uma combinação destas (Dechen e Nachtigall, 2006b).

Dentre os sistemas enzimáticos afetados pelo Zn têm-se: a anidrase carbônica, a qual catalisa a dissolução do CO₂ na fotossíntese; diversas desidrogenases, como álcool, lactato, malato e glutamato desidrogenase; as aldolases, que são encarregadas do desdobramento do éster difosfórico da frutose; a superóxido dismutase, importante na remoção dos radicais superóxido (O₂⁻) e, conseqüentemente, na proteção das membranas das proteínas contra oxidação e; a RNA polimerase, essencial na síntese de proteínas (Dechen e Nachtigall, 2006b; Malavolta, 2006; Kirkby e Römheld, 2007; Alloway, 2008).

Além disso, o Zn está envolvido no metabolismo de auxinas, particularmente, do ácido indolacético (AIA). Provavelmente, a influência do Zn nesse metabolismo está relacionada com o triptofano, o qual requer Zn em sua formação e, que parece ser o precursor na biossíntese de AIA (Faquin, 2005; Kirkby e Römheld, 2007; Alloway, 2008).

Souza et al. (1998) observaram que o uso de Zn na adubação ocasionou incrementos significativos na produção de grãos de milho, enquanto que, em soja o uso de Zn proporcionou aumentos na matéria seca (Awlad et al., 2003).

Oseni (2009) também observou que a utilização de Zn aumentou a produtividade de sorgo. Em feijão, a aplicação de zinco ocasionou melhores resultados para rendimento e peso de sementes, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e altura da planta, quando comparado a não aplicação de zinco (Salehin e Rahman, 2012).

2.4– Recobrimento de sementes

A incorporação de novas tecnologias tem fornecido grandes incrementos na produtividade agrícola, sendo que os mais recentes estão relacionados à indústria de sementes, principalmente, em função da demanda pelo estabelecimento de um estande de plantas mais uniforme (Hill, 1999; Funguetto, 2007a).

O recobrimento de sementes vem se tornando uma tecnologia crescente e promissora, pois agrega valor às sementes e contribui para um mercado cada vez mais exigente e competitivo (Medeiros et al., 2004).

Para que uma cultivar possa expressar integralmente suas características agrônômicas no campo, é necessário que as plantas apresentem uniformidade, o que é possível a partir de sementes de alta qualidade genética, física, fisiológica e sanitária. Todavia, algumas culturas como hortaliças, ornamentais e forrageiras apresentam sementes pequenas e de forma irregular (Mendonça, 2003). Nesse contexto, o recobrimento de sementes é uma técnica que auxilia na resolução deste problema, uma vez que uniformiza o tamanho e o formato da semente, proporcionando maior precisão na semeadura e na aplicação de produtos químicos (Baudet e Peres, 2004).

O recobrimento de sementes consiste na deposição de um material seco, inerte, de granulometria fina e, um material cimentante, também chamado de adesivo à superfície das sementes, proporcionando a elas um formato mais arredondado e liso e maior massa. Esta técnica auxilia o manuseio e a distribuição das sementes, principalmente aquelas menores, pilosas e rugosas, além disso, facilita a semeadura de precisão e oferece a possibilidade de incorporar nutrientes, reguladores de

crescimento, inseticidas, fungicidas, entre outros durante o processo, o que representa melhorias na sanidade das sementes e no estabelecimento das plântulas. De modo geral, o recobrimento representa um terço do volume da cobertura e a semente dois terços (Silva et al., 2002; Baudet e Peres, 2004; Nascimento et al., 2009).

Segundo Baudet e Peres (2004) as principais vantagens proporcionadas pelo recobrimento de sementes são:

- Facilita a semeadura;
- Melhora a eficiência de produtos fitossanitários, permitindo uma ótima cobertura e adesão dos ingredientes ativos na semente, além de reduzir a lixiviação desses produtos no tratamento no campo;
- Melhora a segurança no uso desses produtos, pois cria uma barreira entre a pele do operador e o produto, eliminando, assim, os perigos relacionados com o tratamento, a embalagem e a semeadura;
- Proporciona um meio de carregar fungicidas, inseticidas, produtos biológicos e micronutrientes, com o objetivo de melhorar o estabelecimento do estande de plantas, com uma correta dosagem dos produtos;
- Protege a semente contra danos mecânicos provenientes do manuseio e transporte;
- Protege sementes armazenadas sob condições de umidade elevada;
- Melhora a aparência das sementes, com a utilização de cores atrativas que podem identificar sementes de alta qualidade ou o tratamento utilizado.

Apesar das inúmeras vantagens que o processo de recobrimento das sementes proporciona, algumas desvantagens são mencionadas (Silva et al., 2002):

- Atraso da germinação das sementes, devido ao fato de que o recobrimento pode atuar como uma barreira física e dificultar a emissão da raiz primária;
- Pode ocorrer um retardamento na fase inicial de germinação e, conseqüentemente, ocasionar uma desuniformidade das plântulas, inicialmente. No entanto, assim que a plântula vence a barreira do recobrimento, esta passa a não sofrer qualquer efeito do revestimento e, então, resulta em índices normais de produtividade e qualidade;

- Pode haver restrição às trocas gasosas entre semente e ambiente externo ao recobrimento, afetando o suprimento de oxigênio, o qual é necessário à germinação.

O principal entrave na utilização de sementes revestidas está no atraso da germinação e emergência. Vários estudos apontam a ocorrência desse atraso em relação às sementes nuas, como foi observado em sementes recobertas de alface (Silva et al., 2002), pimentão (Oliveira et al., 2003a), milho superdoce (Mendonça et al., 2007), milho (Conceição e Vieira, 2008) e cenoura (Nascimento et al., 2009). Esse atraso se deve ao arranjo das partículas finas e à ocupação dos poros do pélete pelo agente cimentante e a água, fornecida durante o processo, o que forma uma barreira à troca gasosa entre semente e o ambiente externo ao pélete (Silva e Nakagawa, 1998a). No entanto, apesar desse atraso, as taxas finais de germinação são semelhantes às das sementes nuas (Silva et al., 2002; Lima et al., 2006; Pereira et al., 2011a).

O recobrimento de sementes tem se tornado objeto de estudo de vários trabalhos, com o propósito de obter mais informações sobre a natureza dos adesivos e dos materiais de enchimento, além da metodologia (Mendonça, 2003) visto que, muitos trabalhos a respeito do recobrimento de sementes, se referem à avaliação de sementes recobertas oriundas de firmas especializadas nesse processo (Silva e Nakagawa, 1998a). Segundo Kaufman (1991), as informações sobre as técnicas, utilizadas no recobrimento de sementes, ficam retidas com as empresas que comercializam estas sementes, as quais, normalmente, não divulgam essas informações.

2.4.1- Materiais utilizados no recobrimento de sementes

Além das vantagens e desvantagens mencionadas, alguns cuidados devem ser tomados no recobrimento de sementes, a fim de que não haja problemas no processo de germinação. Dentre esses cuidados destaca-se o tipo de material cimentante, de enchimento e de acabamento.

De modo geral, na escolha desses materiais, deve-se levar em consideração a influência na rigidez do pélete, na absorção de água e na troca gasosa entre a semente e o ambiente externo ao pélete (Silva et al., 2002).

Durante o processo de classificação, no transporte, no manuseio ou na semeadura mecanizada, os péletes, formados a partir do recobrimento das sementes, não devem se desmanchar ou quebrar. Portanto, para que isto não ocorra, são utilizados os agentes cimentantes, que são adesivos aplicados por via úmida, posteriormente secos e que, após a semeadura, ao serem reidratados devem se desintegrar com facilidade, para não constituírem resistência à germinação dessas sementes (Silva e Nakagawa, 1998b).

Os produtos utilizados como agentes cimentantes devem apresentar algumas características importantes para a eficiência do processo, tais como ter afinidade com os demais ingredientes utilizados no recobrimento; ser prontamente solúvel em água; atuar em baixa concentração; se tornar seco e não pegajoso quando desidratado; formar solução de baixa viscosidade ao ser reidratado e; não ser higroscópico, corrosivo e nem tóxico (Nascimento et al., 2009).

Esses materiais cimentantes são, geralmente, produtos mais viscosos e, esta característica afeta a drenagem da água retida nos poros do pélete. Por isso, a afinidade entre o material cimentante e os demais ingredientes é de suma importância para a aplicação de um menor volume de solução ou uma menor proporção de cimentante no pélete. Deve-se considerar que, a utilização de uma menor quantidade de cimentante proporciona uma solução de baixa viscosidade quando o pélete é reidratado, após a semeadura (Silva e Nakagawa, 1998a).

Os materiais utilizados como adesivos são, geralmente, polímeros orgânicos, amidos, resinas naturais, açúcares, colas de origem animal e mucilagens vegetais, os quais são dispersos em água para a produção de um fluido pulverizável (Baudet e Peres, 2004).

Além do material cimentante, os péletes são confeccionados com um material seco, inerte e de granulometria fina, denominado de enchimento (Silva e Nakagawa, 1998a). De modo geral, esses materiais devem apresentar as seguintes características: grânulos esféricos, uniformes, com tamanho entre 100 e 200 μ m, não higroscópico, sem tensão superficial, não hidrofílico, não corrosivo, estéril, não tóxico, e não ser meio de reprodução de microrganismos, com densidade em torno de 1 e que seja de fácil aquisição e a custos compatíveis (Lopes e Nascimento, 2012).

A princípio, os materiais de enchimento deveriam ser formados por partículas grossas e uniformes, visando à formação de poros maiores. Entretanto, a granulometria do material de enchimento é um fator limitante, visto que as partículas maiores podem rolar livres na massa de sementes, levando à formação de péletes vazios. Por outro lado, partículas grandes apresentam maior dificuldade em aderir às sementes, devido ao seu peso e maior atrito com a massa em movimento. E, por isso, é necessária a utilização de uma quantidade maior de material cimentante, favorecendo a adesão entre as sementes e, conseqüentemente, levando à formação de péletes com mais de uma semente, o que é totalmente indesejável (Silva e Nakagawa, 1998c).

Dentre os materiais de enchimento mais estudados têm-se microcelulose, areia, calcário dolomítico, caulim, carvão vegetal ativado, vermiculita, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca, amido de milho, celite e terra de diatomáceas, (Silva et al., 2002; Oliveira et al., 2003a; Mendonça et al., 2007; Nascimento et al., 2009; Pereira et al., 2011a).

O acabamento do pélete pode ser finalizado com o uso de corantes, aplicados na última camada do material cimentante, com o objetivo de melhorar as características físicas, de resistência e lisura, e visuais das sementes revestidas. Para a escolha dos corantes deve-se levar em consideração a ausência de toxidez, acessibilidade e solubilidade em água. Os materiais mais empregados nesse processo são tinta guache, acrílica, plástica e para tecido, corante para alimento e gelatina (Mendonça et al., 2007).

Da mesma forma que há a necessidade de cuidados com os tipos de materiais cimentante e de enchimento, é importante levar em consideração e ter cuidado com o volume de água aplicado durante o processo. A água é utilizada como veículo para pulverizar a solução de cimentantes e, normalmente, aplica-se um volume grande. Por isso, é preciso retirar a umidade contida na camada de revestimento, logo após o processamento, a fim de se evitar a absorção de água pela semente (Silva et al., 2002). É comum manter as sementes em estufa ou à temperatura ambiente para a secagem do revestimento e, até mesmo, o uso de ar quente, entretanto, o emprego de calor durante a secagem dos péletes deve ser efetuado com cuidado, pois pode acarretar dormência secundária às sementes (Popinigis, 1985).

Para sementes de pimentão, o revestimento com areia + microcelulose proporcionou um melhor desempenho destas comparado àquelas revestidas com calcário + microcelulose (Pereira et al., 2005).

Em contrapartida, o uso de calcário no revestimento de sementes de sorgo propiciou melhores resultados para germinação e índice de velocidade de germinação de sementes e peso seco de plântulas, sendo que o mesmo foi observado para o revestimento com o termofosfato de Yoorin (termofosfato resultante da fusão do fosfato com calcário) (Magalhães et al., 1994).

Com relação à resistência dos péletes ao esmagamento, os confeccionados com calcário e cola à base de PVA se mostraram mais resistentes, enquanto que, aqueles confeccionados com areia, utilizando bentonita com agente cimentante, foram os de menor resistência. Já em relação ao agente cimentante, a cola à base de PVA proporcionou maior firmeza dos péletes (Silva e Nakagawa, 1998c).

Nascimento et al. (2009) avaliando os materiais cimentantes bentonita, goma arábica, opadry® e rioximat® no revestimento de sementes de cenoura observaram que, opadry® e rioximat® apresentaram as melhores características como material cimentante. Os péletes formados com bentonita se mostraram pouco resistentes, visto que se quebravam e desmanchavam com facilidade, o que dificulta sua utilização em maior escala. Por outro lado, apesar da germinação satisfatória das sementes revestidas com goma arábica, esta favoreceu a proliferação de fungos.

Maior proliferação de microrganismos também foi observada em sementes de milho superdoce revestidas com produtos a base de amido (polvilho de mandioca, farinha de trigo e amido de milho) como adesivo e caulim (minério composto de silicatos hidratados de alumínio) como material de enchimento, na germinação em papel. Por outro lado, no teste de germinação em areia, os tratamentos de revestimento utilizando caulim, carvão vegetal, vermiculita e calcário como material de enchimento e, goma arábica e cola cascorez extra como adesivo, foram os que proporcionaram germinação das sementes superior àquelas que não receberam revestimento (Mendonça, 2003).

De modo geral, é comum o retardamento na germinação de sementes revestidas, como foi observado por diversos autores (Silva et al., 2002; Oliveira et al., 2003a; Pereira et al., 2005; Medeiros et al., 2006). Entretanto, as taxas finais de

germinação são semelhantes às das sementes nuas (Silva et al., 2002; Lima et al., 2006; Pereira et al., 2011a).

Como foi dito anteriormente, a técnica do recobrimento de sementes permite a incorporação de nutrientes, que representam melhorias no estabelecimento das plântulas. O uso do fertilizante líquido Starter[®], composto por 5% de zinco, 3% de manganês, 0,3% de cobre, 0,7% de boro e 4% de enxofre, no recobrimento de sementes de alface promoveu incrementos na porcentagem de germinação de sementes e no índice de velocidade de emergência das plântulas (Diniz et al., 2007). Já o emprego do produto comercial Stimulus[®], que contém 20% de zinco, 3% de boro, 1% de magnésio e 1% de molibdênio, proporcionou ao milho híbrido CD-304, maior porcentagem de plântulas normais (Ávila et al., 2006).

A aplicação de zinco, na forma de óxido, em sementes de sorgo propiciou maior incremento de massa seca nas plantas, além de maior eficiência de utilização do micronutriente, promovendo maior absorção de potássio, magnésio, cobre e ferro (Prado e Mouro, 2007).

Em plantas de soja, o recobrimento das sementes com os micronutrientes zinco, boro, molibdênio e cobalto, independente da formulação líquida ou em pó, favoreceu um incremento significativo no rendimento de grãos, com valores superiores aos encontrados para as sementes nuas (Rubin et al., 1995).

Apesar dos efeitos benéficos do recobrimento com micronutrientes, é fundamental salientar a importância de se testar diferentes doses a serem utilizadas no recobrimento, visto que podem ocorrer problemas de fitotoxidez.

A dose mínima de zinco (14,3 g de Zn kg⁻¹ de sementes), na forma de óxido, foi a que proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea (2,91 g) em plantas de sorgo oriundas de sementes recobertas com este micronutriente, sendo que esta dose não provocou qualquer sintoma de toxicidade. No entanto, doses maiores de zinco (28,6; 57,2 e 114,4 g de Zn kg⁻¹ de sementes), na forma de sulfato, proporcionaram um alto teor de zinco na parte aérea das plantas (858,2; 1584,2 e 4159,2 mg kg⁻¹), causando, assim, desordens fisiológicas como diminuição da área foliar e clorose (Prado et al., 2008).

Funguetto (2007b) estudando seis doses de zinco (0; 0,37; 0,47; 0,57; 0,67 e 0,77 g de Zn kg⁻¹ de sementes) no recobrimento de sementes de duas cultivares de

arroz irrigado observou que, com o aumento das doses de zinco houve um aumento na germinação de sementes da cultivar BRS 7 Taim. Entretanto, para a cultivar IRGA 417 a dose intermediária de 0,57 g de Zn kg⁻¹ de sementes foi a que apresentou melhor resposta para a germinação das sementes, havendo uma tendência a piorar com o aumento deste micronutriente.

Em soja observou-se as melhores médias para 1ª contagem de germinação, porcentagem de germinação, comprimento da plântula e do hipocótilo quando foi utilizada a dose intermediária de 2,0 mL kg⁻¹ de sementes do fertilizante comercial Agromix (12% de Mo, 1% de Co e 1% de B) no recobrimento das sementes, juntamente com fungicida e polímero. Por outro lado, a dose de 4 mL kg⁻¹ afetou negativamente essas características, provavelmente, devido a um efeito fitotóxico do produto (Bays et al., 2007).

A aplicação de micronutrientes no recobrimento de sementes possibilita melhor uniformidade de aplicação, bom aproveitamento pela planta e, principalmente, redução dos custos de aplicação (Luchese et al., 2004), o que evidencia a importância de estudos nessa área.

2.5– Espécies de fabáceas estudadas

2.5.1- Estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata/macrocephala* cv. Campo Grande I e II)

O estilosantes Campo Grande é uma fabácea forrageira, lançada pela Embrapa em 2000, composta pela mistura física de sementes melhoradas de *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala*, na proporção de 80% e 20%, respectivamente (Embrapa Gado de Corte, 2007).

Essa fabácea se caracteriza por apresentar vários aspectos positivos, tais como: resistência à antracnose; adaptação a solos arenosos e de baixa fertilidade; alta produtividade de sementes (200 a 400 kg ha⁻¹); alta capacidade de ressemeadura natural; boa capacidade de persistência em consorciação com *Brachiaria decumbens*; boa digestibilidade e palatabilidade; boa obtenção de nitrogênio pela fixação biológica e; produção de boa quantidade de matéria seca (8 a 14 t ha⁻¹ ano⁻¹) (Embrapa Gado de Corte, 2000; Verzignassi e Fernandes, 2002; Embrapa Gado de Corte, 2007; Andrade

et al., 2010). Segundo Miranda et al. (1999), a fixação biológica de *Stylosanthes capitata* é de cerca de 180 kg de nitrogênio ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que, para *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão a fixação é de 95 kg de nitrogênio ha⁻¹ ano⁻¹.

Estudos realizados por Ribeiro et al. (2011) com pastagens de *Panicum maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia) em consórcio com estilosantes Campo Grande mostram que a taxa de lotação proporcionada pela consorciação foi equivalente à aplicação de nitrogênio nas doses de 75 e 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Os mesmos autores observaram também que, a disponibilidade de massa seca de forragem e o desempenho animal proporcionado pelo consórcio foram equivalentes à adubação com 75 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Essa mesma equivalência entre o consórcio com estilosantes Campo Grande e a adubação nitrogenada, foi observada por Lins (2011) para o índice de área foliar e interceptação luminosa.

O uso do estilosantes Campo Grande em consórcio com *Brachiaria decumbens*, propiciou benefícios econômicos advindos tanto do incremento da produtividade quanto da redução de custos com adubação nitrogenada, devido à fixação de nitrogênio. Um pasto consorciado com essas forrageiras permite a produção de 235 kg de peso vivo ha⁻¹, enquanto que, o uso de *B. decumbens* em monocultivo produz 185 kg de peso vivo ha⁻¹ (Costa et al., 2009).

O estilosantes Campo Grande também tem sido utilizado na recuperação de pastagens degradadas e na formação de novas pastagens, visto que ele é capaz de reduzir a erosão laminar, a perda de matéria orgânica e de nutrientes e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios (Costa et al., 2009). Esse potencial do estilosantes Campo Grande, para o uso como cobertura viva em áreas agrícolas, foi evidenciado por Teodoro et al. (2011) em estudos na região da Caatinga mineira.

2.5.2- Soja perene (*Neonotonia wightii* cv. Comum)

A soja perene é uma fabácea perene, herbácea, volúvel, de alto valor alimentício e com capacidade de consorciação com poáceas mais agressivas (Ramos et al., 2004). É uma fabácea exigente em fertilidade do solo e desenvolve-se muito bem em precipitações acima de 800 mm. Apresenta um crescimento inicial lento, mas

possui alta palatabilidade, com produção de matéria seca em torno de 5 a 6 t ha⁻¹ ano⁻¹ e proteína bruta na matéria seca entre 16 a 20% (Pires, 2006).

O desempenho da soja perene, em consórcio, na recuperação de pastagem degradada se mostrou equivalente àquele obtido sem o uso de fabácea e com reposição de adubação nitrogenada. Ademais, a maior produtividade no consórcio com essa fabácea evidência a eficiência na persistência dessa fabácea ao longo dos anos, mesmo sob condições desfavoráveis (Gama et al., 2010).

Comparada com as fabáceas calopogônio, kudzu tropical e macrotiloma, a soja perene foi a que apresentou maior produção de matéria seca (4,2 t de MS⁻¹ha⁻¹corte⁻¹) em função de diferentes níveis de sombreamento. Essa fabácea mostrou uma resposta linear positiva com o aumento dos níveis de sombreamento, destacando sua produção de matéria seca em níveis de até 70% de sombreamento (Rocha et al., 2008).

3. TRABALHOS

3.1- Efeito do recobrimento com diferentes materiais no potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande

RESUMO

O recobrimento de sementes vem se tornando uma tecnologia crescente e promissora por agregar valor às sementes e aumentar seu tamanho, facilitando a semeadura. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes recobrimentos sobre o potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande. Os tratamentos foram: SNR – sementes não recobertas; calcário + PVA; calcário + areia + PVA; calcário + carvão vegetal + PVA; silicato de cálcio + PVA; silicato de cálcio + areia + PVA; silicato de cálcio + carvão vegetal + PVA. Posteriormente, as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água (TA), diâmetro máximo (DMA) e mínimo (DMI) e peso de mil sementes (PMS), e quanto às características fisiológicas pelo teste de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TmG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e raiz (MFR e MSR). O

delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado para os testes conduzidos em laboratório e em blocos ao acaso para testes conduzidos em casa-de-vegetação, ambos com quatro repetições de 50 sementes, exceto para TA em que se utilizaram duas repetições. Para o PMS foi realizada apenas a estatística descritiva dos dados. O recobrimento aumentou o PMS, o DMA e o DMI e diminuiu o seu TA. Os tratamentos constituídos por CA + PVA e CA + A + PVA aumentaram o TmG, porém nenhum dos tratamentos prejudicou a germinação final das sementes. O tratamento com S + PVA se destacou em função dos maiores incrementos na massa fresca e seca da parte aérea e raiz.

Palavras-chave: Fabaceae, drageadora, germinação, emergência, vigor

ABSTRACT

Seed coating is becoming a growing and promising technology to add value to the seeds and increase their size, making sowing easier. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of different coatings on the physiological potential of estilosantes cv. Campo Grande seeds. The treatments were: UCS - ucoated seeds; lime + PVA; lime + sand + PVA; lime + activated charcoal + PVA; calcium silicate + PVA; calcium silicate + sand + PVA; calcium silicate + activated charcoal + PVA. Then the seeds were analyzed for water content (WC), maximum (MAD) and minimum (MID) diameter and one thousand seed weight (TSW), and as the physiological characteristics by the germination test, first count, speed germination index (SGI), mean germination time (MGT), emergence (E), speed emergency index (SEI), mean emergence time (MET), shoot (SL) and root (RL) length, fresh and dry shoot (FSW and DSW) and root (FRW and DRW) weight. The experimental design was randomized for the laboratory tests and in randomized blocks for the greenhouse tests, both with four replications of 50 seeds, except for WC wich was used two replications. For the TSW was performed only descriptive statistic of the data. The coating increased TSW, MAD and MID and decreased its WC. The treatments consisted by lime + PVA and lime + sand + PVA

increased MGT, but none of the treatments affected negatively the final seed germination. Treatment with calcium silicate + PVA stood out from the others due to higher increases in fresh and dry weight offshoot and root.

Keywords: Fabaceae, coating machine, germination, emergence, vigor

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira é caracterizada por ter a maioria do seu rebanho criada a pasto, o que torna esta prática uma maneira mais econômica de produzir e oferecer alimento aos animais (Ferraz e Felício, 2010). A função das plantas forrageiras nesse sistema de produção é de extrema importância, tanto para a rentabilidade como, também, para a sua sustentabilidade.

As poáceas tropicais oferecem menor qualidade nutricional comparada às temperadas. Portanto, a introdução de fabáceas tropicais, adaptadas ao sistema de criação a pasto, contribui para a solução de problemas de baixo nível de nitrogênio nos solos e a reduzida qualidade proteica disponível para os animais (Shelton et al., 2005), auxiliando assim, a diminuir o declínio qualitativo e quantitativo da biomassa forrageira (Valle et al., 2009).

O estilosantes Campo Grande é uma fabácea forrageira, lançada pela Embrapa em 2000, composta pela mistura física de sementes melhoradas de *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala*, na proporção de 80% e 20%, respectivamente (Embrapa Gado de Corte, 2007). Apresenta bom potencial forrageiro devido à sua boa capacidade de persistência em consorciação com *Brachiaria decumbens*; boa digestibilidade e aceitabilidade; boa fixação biológica de nitrogênio; produção de boa quantidade de matéria seca (8 a 14 t ha⁻¹ ano⁻¹), resistência à antracnose; adaptação a solos arenosos e de baixa fertilidade; alta produtividade de sementes (200 a 400 kg ha⁻¹); e, alta capacidade de ressemeadura natural (Embrapa Gado de Corte, 2000; Verzignassi e Fernandes, 2002; Embrapa Gado de Corte, 2007; Andrade et al., 2010). Segundo Miranda et al. (1999), a fixação biológica de *Stylosanthes capitata* é de cerca

de 180 kg de nitrogênio ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que, para *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão a fixação é de 95 kg de nitrogênio ha⁻¹ ano⁻¹.

Para atender à demanda pelo estabelecimento de um estande de plantas mais uniforme, é necessário lançar mão de novas tecnologias que irão auxiliar no incremento da produtividade agrícola. Dentre esses, os mais recentes estão relacionados à indústria de sementes (Hill, 1999; Funguetto, 2007).

O recobrimento de sementes vem se tornando uma tecnologia crescente e promissora, pois agrega valor às sementes e contribui para um mercado cada vez mais exigente e competitivo (Medeiros et al., 2004). Além disso, auxilia na resolução de problemas relacionados ao tamanho e à forma de sementes, uma vez que uniformiza o tamanho e o formato da semente, proporcionando maior precisão na semeadura e na aplicação de produtos químicos (Baudet e Peres, 2004).

O processo consiste na deposição de um material seco, inerte, de granulometria fina e, um material cimentante, também chamado de adesivo, à superfície das sementes. Esta técnica proporciona à semente um formato mais arredondado, aumentando o seu tamanho e, facilitando sua distribuição, seja esta manual ou mecânica (Nascimento et al., 2009).

Os materiais utilizados como adesivos devem ter afinidade com os demais ingredientes; ser prontamente solúveis em água; atuarem em baixa concentração; se tornarem secos e não pegajosos quando desidratados; formarem solução de baixa viscosidade ao serem reidratados e; não serem higroscópicos, corrosivos e nem tóxicos (Nascimento et al., 2009). Normalmente, esses materiais são polímeros orgânicos, amidos, resinas naturais, açúcares, colas de origem animal e mucilagens vegetais, os quais são dispersos em água para a produção de um fluido pulverizável (Baudet e Peres, 2004). Além do material cimentante, os péletes são confeccionados com um material seco, não solúvel em água, inerte e de granulometria fina, denominado de enchimento (Silva e Nakagawa, 1998a).

Dentre os materiais de enchimento mais estudados tem-se microcelulose, areia, calcário dolomítico, caulim, carvão vegetal ativado, vermiculita, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca, amido de milho, celite e terra de diatomáceas, (Silva et al., 2002; Oliveira et al., 2003a; Mendonça et al., 2007; Nascimento et al., 2009; Pereira et al., 2011).

De modo geral, esses materiais devem apresentar as seguintes características: grânulos esféricos, uniformes, com tamanho entre 0,1 e 0,2 mm, não higroscópicos, sem tensão superficial, não hidrofílicos, não corrosivos, não tóxicos, estéril, não ser meio de reprodução de microrganismos, ser insolúvel em água ou ácidos fracos, com densidade em torno de 1 e que seja de fácil aquisição e a custos compatíveis (Lopes e Nascimento, 2012).

Desta forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes tipos de materiais de recobrimento sobre o potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Setor de Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) e na Unidade de Apoio à Pesquisa, ambos pertencentes à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Foram utilizadas sementes comerciais de *Stylosanthes capitata/macrocephala* cv. Campo Grande, as quais foram previamente submetidas à escarificação manual entre duas folhas de lixa d'água número 100.

Como materiais de enchimento foram utilizados: calcário dolomítico (0,25 mm), silicato de cálcio, areia (0,25 mm) e carvão vegetal ativado. E como material cimentante foi utilizada uma solução de água e cola cascorez extra à base de acetato de polivinila (PVA).

Os tratamentos de recobrimento de sementes foram os seguintes: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico (0,25 mm) + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico (0,25 mm) + areia (0,25 mm) + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico (0,25 mm) + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia (0,25 mm) + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

As proporções entre cada material de enchimento e sementes utilizadas foram as seguintes: calcário 3:1 (p/p), silicato de cálcio 3:1 (p/p), areia 1:1 (p/p) e carvão vegetal

ativado 0,08:1 (p/p). Para os tratamentos em que houve a adição de mais de um tipo de material de enchimento, as proporções, entre cada material de enchimento e sementes, mencionadas permaneceram as mesmas, no entanto esses tratamentos receberam um número maior de camadas. A cola à base de PVA foi diluída em água, previamente aquecida a 70 °C (Mendonça et al., 2007), na proporção de 1:1 (v/v) para a utilização como solução cimentante. Para que a aplicação dos materiais de enchimento fosse feita em camadas, as quantidades de calcário, silicato de cálcio e areia foram divididas em porções de 12,5 g cada, enquanto que, o carvão ativado foi dividido em porções de 2 g cada, definidos em testes preliminares.

Para o processo de recobrimento foi utilizada uma drageadora de bancada, modelo N10 Newpack equipada com cuba em aço inox, bico para aplicação de solução cimentante acionado por ar comprimido à pressão de 4 bar, soprador de ar quente e temporizador para regular o tempo de duração do spray e do soprador. As regulagens utilizadas no procedimento foram as seguintes: velocidade da cuba de 90 rpm, tempo de duração do spray de solução cimentante de 1 segundo, temperatura do soprador de ar de 40 °C e tempo de duração do soprador ligado de 1 minuto.

As sementes foram postas dentro da cuba da drageadora juntamente com uma porção de material de enchimento, calcário ou silicato de cálcio, dependendo do tipo de recobrimento utilizado. Em seguida, o spray de solução cimentante foi acionado três vezes consecutivas e, novamente, foi adicionado uma porção de material de enchimento sobre a massa de sementes, seguido por mais uma aplicação de solução cimentante. Posteriormente, o soprador de ar (40 °C) foi acionado por 1 minuto. Este procedimento correspondeu a uma camada de recobrimento e foi efetuado até que a quantidade de material de enchimento acabasse. Para os tratamentos em que foram adicionados mais de um material de enchimento, no caso da areia e do carvão ativado, estes foram adicionados da mesma forma, porém nas camadas intermediárias. As camadas com carvão ativado foram adicionadas após a terceira camada com calcário ou silicato de cálcio, e as camadas com areia foram adicionadas após a sétima camada com estes materiais. Esta ordem foi estabelecida em função da granulometria da areia e do carvão. Materiais de granulometria mais fina devem ser utilizados em camadas mais próximas ao núcleo do pélete enquanto que, materiais de granulometria mais espessa, como a areia, devem ser aplicados em camadas mais externas. Isto porque

pode haver a formação de péletes vazios, visto que as partículas dos materiais de granulometria mais grossa são mais pesadas e podem não se agregar às sementes. À medida que as camadas de recobrimento vão sendo depositadas na superfície das sementes aumenta-se a superfície de contato e o peso das mesmas facilitando a utilização de materiais de granulometria mais grossa. Entretanto, nas camadas finais deve-se empregar, novamente, materiais de granulometria mais fina para promover um bom acabamento no recobrimento, além de uma superfície lisa e uniforme (Silva e Nakagawa, 1998a).

Após o recobrimento, as sementes foram avaliadas quanto às características físicas e fisiológicas, em laboratório e casa-de-vegetação. Em laboratório, as características físicas foram avaliadas quanto ao teor de água (TA) (%), diâmetro máximo (DMA) (mm), diâmetro mínimo (DMI) (mm) e peso de mil sementes não recobertas e recobertas (PMS) (g) enquanto que, as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de germinação em papel, primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG) (dias). Em casa-de-vegetação, as características fisiológicas foram avaliadas, ao final de 30 dias, por meio do teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE) (dias), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSR) (mg plantas^{-1}) e massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR) (mg plantas^{-1}).

Teor de Água (TA)

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

Diâmetro máximo (DMA) e Diâmetro mínimo (DMI)

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes cada, para cada tratamento de recobrimento. As sementes foram analisadas pelo equipamento SAS (Sistema de Análise de Sementes), o qual forneceu o maior e o menor diâmetro (DMA e DMI, respectivamente) encontrados nas sementes e, os resultados foram expressos em milímetros (mm).

Peso de mil sementes não recobertas e recobertas (PMS)

Foram utilizadas oito repetições de 100 sementes cada, para cada tratamento de recobrimento. As repetições foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em peso médio de mil sementes (não recobertas e recobertas) em gramas (Brasil, 2009).

Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido segundo modificação das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) para quatro repetições de 50 sementes cada, para cada recobrimento. As sementes foram semeadas em gerbox contendo duas folhas de papel para germinação umedecidas com água destilada no volume de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram mantidas, por 10 dias, em câmara de germinação do tipo BOD com fotoperíodo de 16/8 horas (escuro/luz) e temperatura alternada de 20/35 °C, sendo 16 horas a 20 °C e 8 horas a 35 °C. As avaliações foram realizadas aos 4 e 10 dias após o início do teste (primeira contagem (PCG) e germinação final (G), respectivamente), computando-se o número de plântulas normais, plântulas anormais (PA) e sementes não germinadas (SNG) de acordo com os critérios estabelecidos por Brasil (2009), e os resultados expressos em porcentagem.

Ao longo do teste foram realizadas contagens diárias para a determinação do índice de velocidade de germinação (IVG), pela fórmula proposta por Maguire (1962) e, o tempo médio de germinação (TmG), de acordo com Edmond e Drapala (1958).

Teste de emergência

O teste de emergência foi conduzido em casa-de-vegetação onde as sementes foram semeadas em bandejas plásticas, com capacidade de 2,2 litros de substrato, contendo uma mistura de areia e solo (2:1) (v/v). Foram realizadas contagens diárias do número de plantas emergidas por um período de 30 dias. Ao final, foram determinados a porcentagem de emergência (%E), o índice de velocidade de emergência (IVE), segundo fórmula adaptada de Maguire (1962), e o tempo médio de emergência (TmE), segundo adaptação de Edmond e Drapala (1958).

Ao término dos 30 dias, as plantas foram retiradas cuidadosamente das bandejas e tiveram suas raízes devidamente lavadas para, então, realizar-se a medição do comprimento da parte aérea (CPA) (cm) e da raiz (CR) (cm). Posteriormente, a parte aérea foi separada da raiz e ambas foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR). Em seguida, os sacos foram mantidos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) (mg plantas⁻¹) e da raiz (MSR) (mg plantas⁻¹) (Silva e Queiroz, 2006).

Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado um modelo de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, para as variáveis avaliadas em testes de laboratório, no entanto para a variável TA foram utilizadas duas repetições. Para as variáveis avaliadas em casa-de-vegetação foi empregado um modelo de delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições de 50 sementes cada. Para a determinação do peso de 1000 sementes foi realizada a análise descritiva dos dados.

Os dados relativos ao TmE foram transformados para \sqrt{x} por não atenderem aos requisitos de homogeneidade de variância e normalidade. Após a transformação, os requisitos foram atendidos e, então se procedeu à análise de variância dos dados, entretanto, os valores apresentados são referentes aos dados originais.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do software Assistência Estatística (ASSISTAT) 7.6 beta (Silva, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados da análise descritiva referente ao peso de mil sementes (PMS) (Tabela 1) observou-se que, o recobrimento das sementes com os materiais propostos promoveu aumentos da ordem de 1,6 a 2,3 vezes nas sementes recobertas em relação às não recobertas. Medeiros et al. (2004) encontraram aumentos da ordem de 2,5 e 4,0 vezes no PMS de cenoura, em função da proporção entre material de enchimento (vermiculita) e sementes. A grande vantagem no aumento do peso e, conseqüentemente, no tamanho da semente está na facilidade da semeadura dessas sementes, seja esta manual ou mecânica (Medeiros et al., 2004; Nascimento et al., 2009; Gadotti e Puchala, 2010). Portanto, os diferentes tratamentos de recobrimento, avaliados neste trabalho, facilitam a semeadura das sementes de estilosantes, não só pelo aumento no PMS, mas também por alterar e padronizar a sua coloração, visto que essas sementes apresentam variações de cor do marrom ao vermelho, o que dificulta a identificação das mesmas no sulco durante a semeadura.

Os tratamentos de recobrimento em que houve adição de calcário e/ou areia (CA + PVA; CA + A + PVA; CA + CV + PVA e S + A + PVA) aumentaram consideravelmente o PMS, em relação aqueles em que foram adicionados silicato de cálcio e carvão ativado.

Incrementos elevados no PMS recobertas, em função do recobrimento com calcário e areia, também foram observados para sementes de milho superdoce. Mendonça et al. (2007) verificaram que a adição desses materiais proporcionou aumentos de 2,4 e 2,5 vezes no PMS. Provavelmente, isto se deve ao tipo de textura do calcário e da areia que acarreta na formação de uma estrutura com mais grânulos em torno da semente aumentando, conseqüentemente, a sua massa enquanto que, o

silicato de cálcio e o carvão vegetal ativado apresentam uma textura mais fina formando camadas mais leves.

A partir dos resultados encontrados para o diâmetro máximo (DMA) e o diâmetro mínimo (DMI) foi possível verificar a relação da areia na espessura do recobrimento (Tabela 1). O maior valor de DMA foi observado para o recobrimento composto por S + A + PVA seguido pelo CA + A + PVA. Da mesma forma, o recobrimento a base de CA + A + PVA proporcionou o maior DMI seguido pelo recobrimento com S + A + PVA. Dos materiais de enchimento empregados na confecção dos recobrimentos, a areia é o que apresenta maior textura, o que pode ter contribuído para a formação de péletes com maiores diâmetros.

Os resultados do teor de água (TA) para os tratamentos de recobrimento de sementes encontram-se na Tabela 1. De modo geral, sementes recobertas apresentaram menores valores de TA quando comparadas às sementes não recobertas (SNR). Isto indica que os materiais utilizados no recobrimento não retiveram umidade e que a temperatura de 40 °C foi suficiente para a secagem da água aplicada durante o processo de recobrimento. Entretanto, vale ressaltar que, essa redução foi mais acentuada nos tratamentos em que foi utilizada areia como material de enchimento (CA + A + PVA e S + A + PVA). A adição desse material implicou em aumento do tamanho das sementes, em função da aplicação de um número maior de camadas às mesmas, o que está diretamente relacionado à exposição à temperatura de secagem por um maior número de vezes. Provavelmente, essas sementes apresentaram menores valores de TA devido à sua exposição ao calor por mais vezes, comparado às sementes recobertas com os outros materiais.

Conceição e Vieira (2009) e Lagôa et al. (2012) também verificaram valores de TA consideravelmente mais baixos que aqueles encontrados para sementes de milho não recobertas. No entanto, Conceição e Vieira (2009) atribuíram esses valores ao menor teor de água do recobrimento, sem haver alteração do teor de água contido nas sementes, o que conseqüentemente, diminui o teor de água das sementes recobertas, como um todo.

Quanto às características fisiológicas observou-se que na primeira contagem de germinação (PCG) não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). O mesmo foi observado por Nascimento et al (2009) para sementes de cenoura

recobertas com areia e microcelulose, por Peske e Novembre (2011) para sementes de milho recobertas com diferentes materiais de enchimento (microcelulose, termofosfato de magnésio, fosfato reativo, ácido fítico, fosfato bicálcico, gesso e vermiculita) e PVA e, por Tunes et al. (2014) para sementes de arroz irrigado recobertas com caulim e casca de arroz carbonizada.

Em contrapartida, pôde-se verificar a influência exercida pelos tratamentos na velocidade de germinação (Tabela 2). De modo geral, o recobrimento de sementes provoca um atraso na velocidade de germinação, como foi relatado por diversos autores (Silva et al., 2002; Oliveira et al., 2003a; Oliveira et al., 2003b; Mendonça et al., 2007; Conceição e Vieira, 2008). Este comportamento, entretanto, não foi observado para os tratamentos avaliados neste trabalho, uma vez que nenhum dos tratamentos diferiu das SNR. Cabe ainda ressaltar que, o tratamento com S + PVA se destacou dentre os recobrimentos causando efeitos positivos para a variável IVG.

Alguns atrasos na germinação podem ocorrer em função do material utilizado no processo de recobrimento, o qual impõe uma barreira física que deve ser vencida pela semente. No entanto, alguns materiais permitem uma melhor difusão de gases e água entre a semente e o meio externo (Nascimento et al., 2009). Durante a condução do experimento foi possível verificar que o recobrimento com silicato de cálcio se desmanchava facilmente, quando em contato com a água. Sendo assim, a barreira imposta pelo recobrimento com esse material era desfeita mais rapidamente e, com isso, as trocas gasosas e a absorção de água por essas sementes eram mais facilitadas em comparação às sementes recobertas com os outros materiais. Portanto, isto pode ter acarretado em absorção de água mais rápida por estas sementes em relação às demais, proporcionando, então, maiores valores de IVG.

Por outro lado, o fato de que o tratamento com CA + CV + PVA não diferiu estatisticamente do silicato, pode estar relacionado às características do carvão. O carvão vegetal ativado é obtido pela pirólise (decomposição química por ação do calor) de materiais carbonados de origem vegetal, seguida pela ativação química. Ao final do processo é obtido um material adsorvente caracterizado por apresentar uma estrutura de grande porosidade (Monocha, 2003). Sendo assim, a utilização do carvão nesse tratamento, provavelmente, deve ter beneficiado as trocas gasosas, melhorando o suprimento de oxigênio, o qual é essencial à germinação, visto que o calcário promove

um efeito impermeabilizante ao recobrimento, como foi observado em sementes de tomate (Oliveira et al., 2003b).

Ao contrário do que se espera na interpretação dos dados de índice de velocidade de germinação (IVG), o melhor tempo médio de germinação (TmG) está relacionado aos menores valores encontrados para esta variável, como foi verificado para SNR e S + PVA (Tabela 2).

De maneira oposta, o maior TmG foi observado para sementes recobertas com CA + A + PVA, sendo que o tratamento com CA + PVA não diferiu deste. Novamente, a presença do silicato de cálcio, do calcário e da areia, ou a combinação desses dois últimos, se destaca dos demais tipos de materiais utilizados no recobrimento das sementes. Como mencionado anteriormente, pôde-se observar neste trabalho que, o uso do silicato de cálcio como material de enchimento não provocou grande impedimento à absorção de água e trocas gasosas, o que lhe confere boa característica como material de enchimento. Em contrapartida, materiais como o calcário podem acarretar em vedação às trocas gasosas, associada à alta taxa de retenção de umidade, imposta pela espessura da camada de material (Silva e Nakagawa, 1998a). Esse efeito impermeabilizante do calcário também foi verificado no recobrimento de sementes de tomate (Oliveira et al., 2003b).

O principal entrave na utilização de sementes recobertas está no atraso gerado na germinação de sementes e na emergência de plantas (Silva et al., 2002). Todavia, apesar desses atrasos, as taxas finais de germinação são semelhantes às das sementes não recobertas (Silva et al., 2002, Tavares et al., 2012). Embora os diferentes materiais de enchimento avaliados neste trabalho tenham acarretado em atrasos na velocidade e no tempo de germinação, apenas o calcário proporcionou o menor percentual de germinação (53%). Os tratamentos acrescidos de areia e carvão não apresentaram diferenças significativas em relação ao calcário.

Da mesma forma, o uso do calcário no recobrimento de sementes de alface promoveu redução na germinação das sementes (apenas 47%), independente da granulometria e do tamanho dos péletes formados (Silva e Nakagawa, 1998b). Por outro lado, Tavares et al. (2012) não verificaram efeito negativo do calcário ou do silicato de alumínio no percentual de germinação de sementes de duas cultivares de arroz.

Essa divergência observada entre diferentes trabalhos sobre recobrimento de sementes ocorre em função do tipo de material utilizado no processo e da espessura da camada de recobrimento depositada sobre as sementes (Pereira et al., 2011). Normalmente, depois que as sementes vencem a barreira imposta pelo recobrimento, as plântulas se igualam na velocidade de crescimento formando mudas uniformes (Silva e Nakagawa, 1998b).

De modo geral, as sementes que não receberam nenhum tipo de recobrimento (SNR) apresentaram menores percentuais de plântulas anormais (2%) em relação ao tratamento com CA + PVA, CA + CV + PVA e S + A + PVA (Tabela 2). Provavelmente, o arranjo formado pelas partículas dos materiais de enchimento e a solução adesiva promoveu, de certa forma, uma dificuldade nas trocas gasosas entre semente e ambiente externo, além da necessidade de quebra da barreira, imposta pelo recobrimento. Esses impedimentos podem ter potencializado a má formação da plântula, dando origem a plântulas anormais.

Com relação às avaliações realizadas em casa-de-vegetação, observou-se diferença significativa apenas para o tempo médio de emergência (TmE), entretanto, esta demora não afetou a qualidade final das plantas originadas (Tabela 3). Aos 30 dias após a semeadura, as plantas não apresentaram diferenças no comprimento (CPA e CR), na massa fresca (MFPA e MFR) e na massa seca (MSPA e MSR) das partes aéreas e das raízes quando comparadas às plantas obtidas a partir de SNR. Os resultados observados permitem inferir que nenhum dos tratamentos prejudicou a qualidade fisiológica das sementes e, portanto são promissores no recobrimento das sementes dessa fabácea. Por conseguinte, os avanços no uso desses recobrimentos estão na incorporação de micronutrientes, inseticidas, fungicidas e reguladores de crescimento entre outros, visando melhorias na eficiência de aplicação dos mesmos, bem como na produtividade da cultura.

Da mesma forma, Silva et al. (2002) não verificaram diferenças na massa seca da parte aérea e raiz de plântulas oriundas de sementes de alface revestidas com bentonita e PVA. O que corrobora com os resultados observados por Peres (2010) para massa seca de plantas de azevém provenientes de sementes recobertas com vermiculita + fosfato ARAD + polímero acrescidas de fungicida, inseticida, ácido giberélico ou da combinação destes. Em contrapartida, o mesmo autor obteve

resultados satisfatórios no comprimento da parte aérea de plantas originárias de sementes recobertas com os mesmos materiais acrescidas de fungicida, fungicida + ácido giberélico ou fungicida + ácido giberélico + inseticida. Por outro lado, para o comprimento da raiz todos os tratamentos de recobrimento se mostraram superiores à testemunha, exceto o tratamento em que foi acrescido inseticida + fungicida.

O uso do calcário no recobrimento de sementes de alface promoveu uma diminuição no percentual de plântulas emergidas em relação ao controle e ao recobrimento com areia ou areia + calcário (Silva e Nakagawa, 1998b), resultados estes que divergem dos observados neste trabalho. Entretanto, os autores também verificaram um atraso na emergência quando o calcário era utilizado no recobrimento das sementes, o que pode estar associado à formação de péletes mais resistentes pelo emprego do calcário, enquanto que a adição da areia proporciona péletes de resistência intermediária. Além disso, esses resultados estão diretamente relacionados com a granulometria do calcário, uma vez que a maior concentração de material cimentante empregada neste trabalho (50%), em relação à empregada pelos autores (30%), não foi capaz de causar prejuízos à emergência e nem à sua velocidade. No entanto, o uso de calcário com granulometria inferior a 0,125 mm (menor que a empregada neste trabalho) promoveu reduções ainda maiores na emergência (26%) e velocidade de emergência (41,0) de plântulas de alface quando comparada àquelas proporcionadas pelo uso de calcário com granulometria entre 0,125 e 0,250 mm (16% e 28,8). Provavelmente, o uso de uma granulometria inferior a 0,125 mm pode ter levado à formação de camadas mais compactas e densas ao entorno da semente, comparada a uma granulometria superior. Isto associado ao material cimentante pode ter dificultado a embebição e as trocas gasosas e, conseqüentemente, a emergência, diferente do observado neste trabalho com o uso de calcário com granulometria superior e maior proporção de adesivo.

Santos et al. (2010) também verificaram um efeito negativo do uso do calcário na emergência de plantas de braquiária cv. Marandu. Segundo os autores os recobrimentos que acarretaram em piores percentuais de emergência foram calcário + PVA; calcário + bentonita + PVA e areia + bentonita + polímero (19, 16 e 18%, respectivamente), sendo que este último propiciou, ainda, os menores valores de índice de velocidade de emergência (IVE) (0,99).

No que diz respeito ao IVE e TmE, é esperado que suas respostas sejam equivalentes, visto que essas variáveis tratam de velocidade e tempo, os quais estão intimamente relacionados. Contudo, isso não foi verificado neste trabalho, tendo em vista a grande variabilidade observada para o IVE (CV = 19,43%) em relação ao TmE (CV = 6,09%) (Tabela 3). Isto justifica por que diferenças relativamente grandes nos valores de IVE não foram estatisticamente significativas, indicando que os tratamentos de recobrimento promoveram uma desuniformidade no crescimento inicial das plântulas.

O emprego da cola à base de acetato de polivinila (PVA), neste trabalho, não demonstrou ser um problema à germinação das sementes e à emergência das plantas. Por outro lado, o uso de 75% de bentonita + 25% de PVA acarretou em menores valores de IVG (33), enquanto que o uso de 100% de PVA não diferiu do controle (Silva et al., 2002).

A partir dos dados observados nas Tabelas 2 e 3 verifica-se que, o comportamento das sementes recobertas não seguiu o mesmo padrão para os testes em câmara de germinação e casa-de-vegetação. Provavelmente, isto se deu devido ao fato de que em câmara de germinação as condições são controladas durante todo o teste, ao contrário das condições em casa-de-vegetação onde as plântulas estão expostas às variações de temperatura e umidade. Além disso, a umidade propiciada pelo substrato na casa-de-vegetação, ao redor das sementes, e uma maior superfície de contato entre sementes e substrato podem ter contribuído para que o recobrimento se desfizesse melhor, ao contrário do que se espera do substrato papel, em gerbox.

CONCLUSÕES

O recobrimento aumentou o peso de mil sementes e os diâmetros máximo e mínimo, bem como reduziu o teor de água de sementes de estilosantes cv. Campo Grande.

Os tratamentos com calcário e calcário + areia aumentaram o tempo de germinação, no entanto os tratamentos de recobrimento não prejudicaram germinação final das sementes de estilosantes.

Dentre os tratamentos de recobrimento, aquele constituído por silicato de cálcio e cola PVA proporcionou maiores incrementos na massa fresca e seca da parte aérea e da raiz das plantas obtidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, C. M. S., Assis, G. M. L., Sales, M. F. L. (2010) Estilosantes Campo Grande: fabácea forrageira recomendada para solos arenosos do Acre. Embrapa Acre – Rio Branco – AC, *Circular Técnica*, 55, 12p.

Baud

et, L., Peres, W. (2004) Recobrimento de sementes. *Seed News*, 8:20-23.

Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 399p.

Conceição. P.M., Vieira, H.D., Silva, R.F., Campos, S.C. (2009) Germinação e vigor de sementes de milho recobertas e viabilidade do inóculo durante o armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p.765-772, 2009.

Edmond, J.B, Drapala, W.J. (1958) The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:428-434.

Embrapa Gado de Corte (2000) Estilosantes Campo Grande. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Gado de Corte Divulga*, 38, 2p.

Embrapa Gado de Corte (2007) Cultivo e uso do estilosantes-campo-grande. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Comunicado Técnico*, 105, 11p.

Ferraz, J. B. S., Felício, P. E. (2010) Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, 84:238-243.

Funguetto, C. I. (2007a) Tratamento de sementes de grandes culturas com micronutriente zinco, fungicida e polímero. *Norte Científico*, 2:64-72.

- Gadotti, C., Puchala, B. (2010) Revestimento de sementes. *Informativo Abrates*, 20:70-71.
- Hill, H. J. (1999) Recent developments in seed technology. *Journal of New Seeds*, 1: 105-112.
- Lagôa, A.O., Ferreira, A.C, Vieira, R.D. (2012) Plantability and moisture content of naked and pelleted seeds of supersweet (Sh₂) corn during cold storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:39-46.
- Lopes, A.C.A., Nascimento, W.M. (2012) Peletização em sementes de hortaliças. Embrapa Hortaliças –Brasília – DF, *Documentos*, 137, 28p.
- Maguire, J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Eicholz, E. D. (2004) Modificações na condição física das sementes de cenoura em equipamento de recobrimento. *Revista Brasileira de Sementes*, 26:70-75.
- Mendonça, E.A F., Carvalho, N.M., Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh₂) *Revista Brasileira de Sementes*, 29:68-79.
- Miranda, C. H. B., Fernandes, C. D., Cadisch, G. (1999) Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. *Pasturas Tropicales*, 21:64-69.
- Monocha, S.M. (2003) Porous carbon. *Sadhana*, 28:335-348.
- Nascimento, W. M., Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Carmona, R. (2009) Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*, 27:12-16.
- Oliveira, J. A., Pereira, C. E., Guimarães, R. M., Vieira, A. R., Silva, J. B. C. (2003a) Desempenho de sementes de pimentão com diferentes materiais. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:36-47.
- Oliveira, J.A., Pereira, C.E, Guimarães, R.M, Vieira, A.R., Silva, J.B.C. (2003b) Efeito de diferentes materiais de peletização na deterioração de sementes de tomate durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:20-27.
- Pereira, C.E., Oliveira, J.A., Guimarães, R.M., Vieira, A.R., Evangelista, J.R.E., Oliveira, G.E. (2011) Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:158-164.

- Peres, W. B. (2010) *Incrustamento em sementes de azevém anual (Lolium multiflorum lam.): características físicas e qualidade fisiológica*. Tese (Doutorado em Ciências) – Pelotas – RS, Universidade Federal de Pelotas – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, 53p.
- Peske, F. B., Novembre, A. D. L. C. (2011) Pearl millet seed pelleting. *Revista Brasileira de Sementes*, 33:352-362.
- Santos, F. C., Oliveira, J. A., Pinho, E. V. R. V., Guimarães, R. M., Vieira, A. R. (2010) Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Brasileira de Sementes*, 32:69-78.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. (2006) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 235p.
- Silva, F.A.S. (2013) *ASSISTAT - Assistência Estatística*, versão 7.6. Universidade Federal de Campina Grande – PB.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998a) Metodologia para avaliação de materiais cimentantes para peletização de sementes. *Horticultura Brasileira*, 16:31-37.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998b) Confecção e avaliação de péletes de sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 16:151-158.
- Silva, J. B. C., Santos, E. C., Nascimento, W. M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, 20:67-70.
- Shelton, H. M., Franzel, S., Peters, M. (2005) Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Tropical Grasslands*, 39:198-209.
- Tavares, L.C., Rufino, C.A., Dörr, C.S., Barros, A.C.S.A., Peske, S.T. (2012) Performance of lowland Rice seeds coated with dolomitic limestone and aluminum silicate. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:202-211.
- Tunes, L. V. M., Fonseca, D. A. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A, Vilella, F. A. (2014) Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Revista Ceres*, v.61, n.5, p.675-685.
- Valle, C. B., Jank, L., Resende, R. M. S. (2009) O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*, 56:460-472.

Verzignassi, J. R., Fernandes, C. D. (2002) Estilosantes Campo Grande: situação atual e perspectivas. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Comunicado Técnico*, 70, 4p.

Tabela 1 – Peso de mil sementes (PMS) (g), Diâmetro Máximo (DMA) (mm), Diâmetro Mínimo (DMI) (mm) e Teor de Água (TA) (%) de sementes de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com os seguintes tratamentos: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico + areia + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

Tratamento	PMS (g)	DMA (mm)	DMI (mm)	TA (%)
SNR	2,42	2,48 e	1,53 e	10,5 a
CA + PVA	4,15	2,67 cd	1,80 c	6,4 bc
CA + A + PVA	5,59	2,75 b	1,95 a	4,9 e
CA + CV + PVA	4,64	2,64 d	1,79 c	6,3 cd
S + PVA	3,78	2,75 b	1,80 c	6,7 b
S + A + PVA	4,53	2,87 a	1,86 b	5,9 d
S + CV + PVA	3,76	2,72 bc	1,74 d	6,6 bc
Média	-	2,70	1,78	6,76
CV (%)	-	1,31	1,60	2,57

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 2 – Primeira Contagem de Germinação (PCG) (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TmG) (dias), Germinação (%), Plântulas Anormais (PA) (%) e Sementes Não Germinadas (SNG) (%) de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com os seguintes tratamentos: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico + areia + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

Tratamento	PCG (%)	IVG	TmG (dias)	G (%)	PA (%)	SNG (%)
SNR	63 a	16,77 ab	2,23 a	66 a	2 a	14 a
CA + PVA	51 a	13,33 b	2,66 bc	53 b	8 b	11 a
CA + A + PVA	54 a	13,18 b	2,92 c	61 ab	7 ab	10 a
CA + CV + PVA	59 a	16,42 ab	2,49 ab	60 ab	9 b	7 a
S + PVA	66 a	18,97 a	2,23 a	68 a	7 ab	12 a
S + A + PVA	54 a	14,80 b	2,40 ab	56 ab	10 b	14 a
S + CV + PVA	55 a	15,02 b	2,47 ab	59 ab	6 ab	11 a
Média	57,7	15,50	2,49	60,3	7,3	11,07
CV (%)	14,57	15,74	9,41	13,00	56,95	41,76

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 3 – Emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE) (dias), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), massa fresca da parte aérea (MFPA) (mg planta⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA) (mg planta⁻¹), massa fresca da raiz (MFR) (mg planta⁻¹) e massa seca da raiz (MSR) (mg planta⁻¹) de plantas de estilosantes cv. Campo Grande oriundas de sementes recobertas com os seguintes tratamentos: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico + areia + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

Tratamento	E (%)	IVE	TmE (dias)	CPA (cm)	CR (cm)	MFPA (mg/pl)	MSPA (mg/pl)	MFR (mg/pl)	MSR (mg/pl)
SNR	64 a	8,12 a	4,91 a	1,70 a	11,07 a	46,31 a	5,66 a	17,88 a	4,90 a
CA + PVA	60 a	6,72 a	6,24 b	1,87 a	10,55 a	48,65 a	4,87 a	19,44 a	4,89 a
CA + A + PVA	52 a	5,92 a	5,74 ab	1,98 a	10,22 a	44,21 a	2,41 a	18,96 a	5,10 a
CA + CV + PVA	57 a	6,69 a	5,78 ab	1,88 a	11,04 a	45,01 a	3,90 a	19,30 a	5,28 a
S + PVA	61 a	7,70 a	5,25 ab	1,79 a	11,01 a	59,72 a	7,92 a	23,67 a	5,74 a
S + A + PVA	56 a	6,99 a	5,34 ab	1,94 a	10,09 a	47,59 a	4,05 a	17,78 a	4,68 a
S + CV + PVA	51 a	7,03 a	4,86 a	1,85 a	11,11 a	46,38 a	5,15 a	18,31 a	4,77 a
Média	57,14	7,02	5,45	1,86	10,73	48,27	4,85	19,33	5,05
CV (%)	13,84	19,43	6,09	11,30	12,20	20,48	72,81	24,86	15,67

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

3.2- Efeito do recobrimento com diferentes materiais no potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum

RESUMO

A obtenção do sucesso na formação das pastagens está diretamente relacionada ao desempenho das sementes. Sendo assim, o recobrimento de sementes vem se tornando, cada vez mais, uma tecnologia promissora no que diz respeito a agregar valor às sementes. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes recobrimentos sobre o potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum. Os tratamentos foram: SNR – sementes não recobertas; calcário + PVA; calcário + areia + PVA; calcário + carvão vegetal + PVA; silicato de cálcio + PVA; silicato de cálcio + areia + PVA; silicato de cálcio + carvão vegetal + PVA. Posteriormente, as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água (TA), diâmetro máximo (DMA) e mínimo (DMI) e peso de mil sementes (PMS), e quanto às características fisiológicas pelo teste de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TmG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e raiz (MFR e MSR). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado para os testes em laboratório e em blocos ao acaso para testes em casa-de-vegetação, ambos com quatro repetições de 50 sementes, exceto para TA em que se utilizaram duas repetições. Para o PMS foi realizada apenas a estatística descritiva dos dados. O recobrimento de sementes aumentou o PMS, DMA e DMI e diminuiu seu TA. Os recobrimentos afetaram o IVG, o TmG, a E e o IVE, mas não a germinação. O uso de silicato com ou sem carvão igualou o TmE das SNR. Os recobrimentos não afetaram a MFPA, MSPA e MFR. O recobrimento com calcário + areia + PVA ou calcário + carvão + PVA proporcionou maiores incrementos no CPA, MFPA, MSPA, MFR e MSR.

Palavras-chave: Fabaceae, drageadora, germinação, emergência, vigor

ABSTRACT

Achieving success in the formation of pastures is directly related to seed performance. Thus, seed coating is becoming increasingly a promising technology in regards to add value to the seeds. Thereby, the objective of this study was to evaluate the effect of different coatings on the physiological potential of perennial soybean cv. Common seeds. The treatments were: UCS - uncoated seeds; lime + PVA; lime + sand + PVA; lime + activated charcoal + PVA; calcium silicate + PVA; calcium silicate + sand + PVA; calcium silicate + activated charcoal + PVA. Then the seeds were analyzed for water content (WC), maximum (MAD) and minimum (MID) diameter and one thousand seed weight (TSW), and as the physiological characteristics by the germination test, first count, speed germination index (SGI), mean germination time (MGT), emergence (E), speed emergence index (EVI), mean emergence time (MET), shoot (SL) and root (RL) length, fresh and dry shoot (FSW and DSW) and root (FRW and DRW) weight. The experimental design was randomized for the laboratory tests and in randomized blocks for the greenhouse tests, both with four replications of 50 seeds, except for WC which was used two replications. For the TSW was performed only descriptive statistic of the data. Seed coating increased TSW, MAD and MID and decreased its WC. The coatings affected the SGI, MGT, E and the EVI, but not the germination. The use of calcium silicate with or without activated charcoal equaled the MET of the UCS. The coatings did not affect the FSW, DSW and RFW. Seed coating with lime + sand or lime + activated charcoal provided the higher increments in the SL, FSW, DSW, FRW and DRW.

Keywords: Fabaceae, coating machine, germination, emergence, vigor

INTRODUÇÃO

No Brasil a base da produção pecuária, em todas as suas regiões, são as pastagens, onde as nativas são uma importante fonte de alimento para os rebanhos. No entanto, as pastagens cultivadas vêm ocupando um espaço cada vez maior no cenário brasileiro (Costa et al., 2008).

Dentre as espécies forrageiras, as poáceas do gênero *Brachiaria* se destacam por viabilizar a atividade pecuária nos solos fracos e ácidos dos Cerrados (Valle et al., 2009). Entretanto, poáceas tropicais oferecem menor qualidade nutricional comparada às temperadas. Portanto, a introdução de fabáceas tropicais, adaptadas ao sistema de criação a pasto, contribui para a solução de problemas de baixo nível de nitrogênio nos solos e a reduzida qualidade proteica disponível para os animais (Shelton et al., 2005) auxiliando assim, a diminuir o declínio qualitativo e quantitativo da biomassa forrageira (Valle et al., 2009).

A soja perene é uma fabácea perene, herbácea, volúvel, de alto valor alimentício e com capacidade de consorciação com poáceas mais agressivas (Ramos et al., 2004). No entanto é exigente em fertilidade do solo e desenvolve-se muito bem em precipitações acima de 800 mm. Apresenta um crescimento inicial lento, mas possui alta palatabilidade, com produção de matéria seca em torno de 5 a 6 t ha⁻¹ ano⁻¹ e proteína bruta na matéria seca entre 16 a 20% (Pires, 2006).

O desempenho das sementes está diretamente relacionado ao sucesso na formação da pastagem e, conseqüentemente, no estabelecimento de um estande de plantas mais uniforme. Contudo, para melhorar esse desempenho novas tecnologias estão sendo incorporadas e têm permitido agregar valor às sementes, como é o caso do recobrimento de sementes (Medeiros et al., 2004).

Este processo consiste basicamente na deposição de um material de enchimento, o qual deve ser seco, inerte e de granulometria fina e, de um material cimentante, também chamado de adesivo, à superfície da semente. O emprego desta técnica facilita a distribuição das sementes, seja ela manual ou mecânica, por proporcionar a elas um formato mais arredondado, o que aumenta o seu tamanho (Nascimento et al., 2009).

Segundo Lopes e Nascimento (2012), os materiais utilizados para o enchimento das sementes devem apresentar, de modo geral, as seguintes características: grânulos esféricos, uniformes, com tamanho entre 0,1 e 0,2 mm, não higroscópico, sem tensão superficial, não hidrofílico, não corrosivo, não tóxico, estéril, não ser meio de reprodução de microrganismos, ser insolúvel em água ou ácidos fracos, com densidade em torno de 1 e que seja de fácil aquisição e a custos compatíveis.

Dentre os materiais comumente empregados, no entanto, tem-se desde aqueles insolúveis quanto os solúveis em água como vermiculita, areia, calcário dolomítico, caulim, carvão vegetal ativado, microcelulose, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca, amido de milho, celite e terra de diatomáceas, (Silva et al., 2002; Oliveira et al., 2003a; Mendonça et al., 2007; Nascimento et al., 2009; Pereira et al., 2011).

Da mesma forma, o material cimentante ou adesivo deve cumprir com algumas exigências para o seu uso no processo, tais como ter afinidade com os demais ingredientes; ser prontamente solúvel em água; atuar em baixa concentração; se tornar seco e não pegajoso quando desidratado; formar solução de baixa viscosidade ao ser reidratado e; não ser higroscópico, corrosivo e nem tóxico (Nascimento et al., 2009). Normalmente, esses materiais são polímeros orgânicos, amidos, resinas naturais, açúcares, colas de origem animal e mucilagens vegetais, os quais são dispersos em água para a produção de um fluido pulverizável (Baudet e Peres, 2004).

Desta forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes tipos de materiais de recobrimento sobre o potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Setor de Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) e na Unidade de Apoio à Pesquisa, ambos pertencentes à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Foram utilizadas sementes comerciais de soja perene cv. Comum (*Neonotonia wightii*), as

quais foram previamente submetidas à escurificação manual entre duas folhas de lixa ferro número 36.

Foram utilizados como materiais de enchimento calcário dolomítico (0,25 mm), silicato de cálcio, areia (0,25 mm) e carvão vegetal ativado. E como material cimentante foi utilizada uma solução de água e cola cascorez extra à base de acetato de polivinila (PVA).

Os tratamentos de recobrimento de sementes foram os seguintes: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico (0,25 mm) + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico (0,25 mm) + areia (0,25 mm) + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico (0,25 mm) + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia (0,25 mm) + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

As proporções entre material de enchimento e sementes empregadas foram as seguintes: calcário 3:1 (p/p), silicato de cálcio 3:1 (p/p), areia 1:1 (p/p) e carvão vegetal ativado 0,08:1 (p/p). A cola à base de PVA foi diluída em água, previamente aquecida a 70 °C (Mendonça et al., 2007), na proporção de 1:1 (v/v) para a utilização como solução cimentante. As quantidades de calcário, silicato de cálcio e areia foram divididas em porções de 12,5 g cada, enquanto que, o carvão vegetal foi dividido em porções de 2 g cada, para que a aplicação dos materiais de enchimento pudesse ser feita em camadas.

Foi utilizada, no processo de recobrimento, uma drageadora de bancada, modelo N10 Newpack equipada com cuba em aço inox, bico para aplicação de material cimentante acionado por ar comprimido à pressão de 4 bar, soprador de ar quente e temporizador para regular o tempo de duração do spray e do soprador. Essas peças foram reguladas para funcionar da seguinte maneira: velocidade da cuba de 90 rpm, tempo de duração do spray de solução cimentante de 1 segundo, temperatura do soprador de ar de 40 °C e tempo de duração do soprador ligado de 1 minuto.

O procedimento para deposição dos materiais em camadas se deu da seguinte forma: as sementes foram postas dentro da cuba da drageadora juntamente com uma porção de material de enchimento, calcário ou silicato de cálcio, dependendo do tipo de recobrimento utilizado. Em seguida, o spray de solução cimentante foi acionado três vezes consecutivas e, novamente, foi adicionado uma porção de material de

enchimento sobre a massa de sementes, seguido por mais uma aplicação de solução cimentante. Posteriormente, o soprador de ar (40 °C) foi acionado por 1 minuto. Este procedimento correspondeu a uma camada de recobrimento e foi efetuado até que a quantidade de material de enchimento acabasse. Para os tratamentos em que foram adicionados mais de um material de enchimento, no caso da areia e do carvão ativado, estes foram adicionados da mesma forma, porém nas camadas intermediárias. As camadas com carvão ativado foram adicionadas após a terceira camada com calcário ou silicato de cálcio. Por outro lado, as camadas com areia foram adicionadas após a sétima camada com estes materiais. O estabelecimento desta ordem se deu em função da granulometria da areia e do carvão. Ao trabalhar com materiais de diferentes granulometrias deve-se optar pelo uso de materiais mais finos nas camadas próximas ao núcleo do pélete, enquanto que, materiais mais grosseiros devem ser utilizados em camadas mais externas. Normalmente, materiais de granulometria mais grossa são também mais pesados e isso pode acarretar na formação de péletes vazios, caso esses materiais não se agreguem à superfície das sementes. Após a deposição de materiais mais finos às sementes, estas apresentam, então, maior superfície de contato e peso, favorecendo a adesão dos materiais mais grosseiros. Todavia, deve-se fazer o uso, novamente, de materiais mais finos nas camadas finais, a fim de proporcionar melhor acabamento, além de uma superfície lisa e uniforme (Silva e Nakagawa, 1998a).

Após o recobrimento, as sementes foram avaliadas quanto às características físicas e fisiológicas, em laboratório e casa-de-vegetação. Em laboratório, as características físicas foram avaliadas quanto ao teor de água (TA) (%), diâmetro máximo (DMA) (mm), diâmetro mínimo (DMI) (mm) e peso de mil sementes nuas e recobertas (PMS) (g) enquanto que, as fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de germinação em papel, primeira contagem de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG) (dias). Em casa-de-vegetação, as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE) (dias), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) (mg planta⁻¹) e massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR) (mg planta⁻¹).

Teor de Água (TA)

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

Diâmetro máximo (DMA) e Diâmetro mínimo (DMI)

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes cada, para cada tratamento de recobrimento. As sementes foram analisadas pelo equipamento SAS (Sistema de Análise de Sementes), o qual forneceu o maior e o menor diâmetros (DMA e DMI, respectivamente) encontrados nas sementes e, os resultados foram expressos em milímetros (mm).

Peso de mil sementes não recobertas e recobertas (PMS)

Foram utilizadas oito repetições de 100 sementes cada para cada tratamento de recobrimento. As repetições foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em peso médio de mil sementes (não recobertas e recobertas) em gramas (Brasil, 2009).

Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido segundo modificação das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) para quatro repetições de 50 sementes cada, para cada recobrimento. As sementes foram semeadas em gerbox contendo duas folhas de papel para germinação umedecidas com água destilada no volume de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram mantidas, por 10 dias, em câmara de germinação do tipo BOD com fotoperíodo de 16/8 horas (escuro/luz) e temperatura alternada de 20/30 °C, sendo 16 horas a 20 °C e 8 horas a 30 °C. As avaliações foram realizadas aos 4 e 10

dias após o início do teste (1ª contagem e contagem final do teste de germinação, respectivamente), computando-se o número de plântulas normais, plântulas anormais (PA) e sementes duras (SD) de acordo com os critérios estabelecidos por Brasil (2009), e os resultados expressos em porcentagem.

Ao longo do teste foram realizadas contagens diárias para a determinação, ao final, do índice de velocidade de germinação (IVG), pela fórmula proposta por Maguire (1962) e, o tempo médio de germinação (TmG), de acordo com Edmond e Drapala (1958).

Teste de emergência

Foi conduzido em casa-de-vegetação e estabelecido em bandejas plásticas, com capacidade de 2,2 litros de substrato, contendo uma mistura de areia e solo (2:1) (v/v), onde as sementes foram semeadas. Foram realizadas contagens diárias do número de plantas emergidas por um período de 30 dias. Ao final, foram determinados o percentual de emergência (%E), o índice de velocidade de emergência (IVE), segundo fórmula adaptada de Maguire (1962), e o tempo médio de emergência (TmE), segundo adaptação de Edmond e Drapala (1958).

Ao término dos 30 dias, as plantas foram retiradas cuidadosamente das bandejas e tiveram suas raízes devidamente lavadas para, então, realizar-se medição do comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR). Posteriormente, a parte aérea foi separada da raiz e ambas foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR). Em seguida, os sacos foram mantidos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) (Silva e Queiroz, 2006).

Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado um modelo de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, para as variáveis: percentual de germinação (G), de plântulas anormais (PA) e sementes duras (SD), primeira contagem

de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TmG). Para as variáveis percentual de emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CP) e massa fresca e seca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) foi empregado um modelo de delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições de 50 sementes cada.

Para a variável Teor de Água (TA) foram utilizadas duas repetições de $4,5 \pm 0,5$ g cada e para as variáveis diâmetro máximo (DMA) e mínimo (DMI) foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes cada, em um delineamento inteiramente casualizado. Para a determinação do peso de 1000 sementes foi realizada a análise descritiva dos dados.

Os dados relativos ao TA e PCG e IVG foram transformados para $1/x$ e arcoseno $(x/100)^{1/2}$ e \sqrt{x} respectivamente, por não atenderem aos requisitos de homogeneidade de variância e normalidade. Após a transformação, os requisitos foram atendidos e, então se procedeu à análise de variância dos dados, entretanto, os valores apresentados são referentes aos dados originais.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do software Assistência Estatística (ASSISTAT) 7.6 beta (Silva, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise descritiva referente ao peso de mil sementes (PMS) (Tabela 1) verificou-se que, o recobrimento das sementes com os materiais propostos gerou aumentos da ordem de 1,2 a 1,9 vezes nas sementes recobertas em relação às não recobertas. Esse aumento no PMS, em função do material de enchimento, também foi observado em sementes recobertas de sorgo, milho superdoce e milheto (Magalhães et al., 1994; Mendonça et al., 2007; Peske e Novembre, 2011). Magalhães et al. (1994) observaram aumentos em torno de 1,2 vezes no PMS de sorgo quando estas foram recobertas com cloreto de cálcio e superfosfato simples. Em contrapartida,

valores maiores foram encontrados em sementes de milho superdoce recobertas com vermiculita + calcário e areia + caulim + calcário (1,6 e 2,5 vezes, respectivamente) (Mendonça et al., 2007) e, em sementes de milho recobertas com vermiculita e superfosfato simples (1,6 e 4,4 vezes, respectivamente) (Peske e Novembre, 2011).

De modo geral, o recobrimento consiste na deposição de um material de enchimento e um adesivo à superfície das sementes e a vantagem desse processo está no aumento do tamanho dessas sementes, o que facilita sua semeadura, seja ela manual ou mecânica (Nascimento et al., 2009).

O recobrimento composto por calcário + areia + PVA foi o que promoveu o maior PMS (10,68 g), tendo em vista que este tratamento recebeu um número maior de camadas de recobrimento que os demais, exceto pelo tratamento com silicato + areia + PVA (8,73 g) que recebeu o mesmo número de camadas deste. Entretanto, o uso do silicato de cálcio em substituição ao calcário, neste tratamento, proporcionou incrementos no PMS de 58%, por outro lado, a adição de calcário promoveu incrementos de 94% no PMS (Tabela 1).

Mendonça et al. (2007) também observaram incrementos elevados no PMS recobertas de milho superdoce, em função da adição de areia e calcário ao recobrimento. Os autores verificaram incrementos entre 100 e 150%, respectivamente, no PMS quando estes materiais foram adicionados. Os valores de PMS observados, no presente trabalho, podem ser resultado da densidade do calcário e da areia, onde a combinação desses materiais proporcionou os maiores valores para esta variável.

Em relação ao diâmetro máximo (DMA) e diâmetro mínimo (DMI), os recobrimentos constituídos pela adição de areia (CA + A + PVA e S + A + PVA) proporcionaram maiores valores para ambas as variáveis, entretanto, o tratamento composto por S + CV + PVA não diferiu destes para o DMA. Provavelmente, para estas variáveis, a granulometria da areia contribuiu para a formação de camadas mais grossas, o que acarretou no aumento do diâmetro das sementes.

De modo geral, as sementes recobertas apresentaram menores valores de teor de água (TA) em relação às SNR (Tabela 1). Dentre os tratamentos avaliados, aqueles que apresentaram areia na sua constituição (CA + A + PVA e S + A + PVA) se destacaram dos demais, pelos menores valores de TA. Como mencionado anteriormente, a adição de areia ao recobrimento implicou no aumento do número de

camadas e, conseqüentemente, a uma exposição ao ar quente utilizado para a secagem das mesmas, por um maior número de vezes o que contribuiu para tais resultados.

Menores valores de TA, em sementes recobertas, também foram verificados por Conceição e Vieira (2009) e Lagôa et al. (2012). Entretanto, segundo Conceição e Vieira (2009), a água contida no recobrimento é perdida mais rapidamente que aquela presente na própria semente, por isso, sementes recobertas tendem a apresentar menores valores de TA em relação às não recobertas.

Por outro lado, Medeiros et al. (2004) e Ludwig et al. (2011) obtiveram resultados contrários, para esta variável, no recobrimento de sementes de cenoura e soja, respectivamente. Sementes de cenoura recobertas apresentaram um TA de 24,1%, enquanto que, a testemunha obteve um TA de 7,8%, o que acarretou em um acréscimo de 16,3% no valor dessa variável. No caso das sementes de soja recobertas, esse incremento foi menor (0,9%), mas, ainda assim, nenhum tratamento de recobrimento promoveu valores de TA abaixo da testemunha.

Esses resultados indicam que o método utilizado na secagem dos péletes após o recobrimento não foi eficaz, havendo a necessidade de uma nova secagem, como foi realizada por Medeiros et al. (2004) para as sementes de cenoura. Portanto, essa secagem merece atenção, principalmente, se as sementes forem armazenadas para posterior utilização, ao invés do seu uso imediato.

É importante ressaltar que, os resultados obtidos, nesse trabalho, para a variável TA indicam que a metodologia empregada foi eficiente no recobrimento das sementes, uma vez que os materiais não retiveram umidade, proveniente da aplicação da solução cimentante, e que a temperatura de 40 °C foi suficiente para a retirada desta umidade.

Em relação às características fisiológicas, nenhum tratamento de recobrimento se mostrou semelhante ou superior às SNR na primeira contagem de germinação (PCG) (Tabela 2). Durante a condução do teste foi possível observar que, o recobrimento influenciou a velocidade de embebição de água pelas sementes, o que afetou diretamente a primeira fase do processo de germinação e, conseqüentemente, contribuiu para os resultados observados. Resultados semelhantes foram verificados em sementes de alface recobertas com tecnologia INCOTEC (Franzin et al. 2004).

Os resultados obtidos na PCG refletiram, conseqüentemente, nos valores de índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG), em que as sementes apresentaram o mesmo comportamento (Tabela 2). Diversos autores relatam o atraso na germinação de sementes recobertas (Silva et al., 2002; Oliveira et al., 2003a; Oliveira et al., 2003b; Mendonça et al., 2007; Conceição e Vieira, 2008). Esse atraso se deve ao material empregado no recobrimento, o qual estabelece uma barreira física que deve ser vencida pela semente. Entretanto, alguns materiais facilitam a difusão de gases e água entre semente e meio externo (Nascimento et al., 2009).

O recobrimento com S + CV + PVA apresentou resultados de TmG semelhantes às SNR (Tabela 2), o que pode estar associado às características peculiares desses dois materiais. Observou-se durante a condução do teste que, o silicato de cálcio se desmanchava mais facilmente, quando em contato com a água. Com relação ao carvão vegetal ativado, este é obtido a partir da pirólise (decomposição química por ação do calor) de materiais carbonados de origem vegetal, seguida pela ativação química e por fim há a formação de um material adsorvente com grande porosidade (Monocha, 2003). As características desses dois materiais juntos podem ter favorecido a protusão da radícula, uma vez que a barreira imposta pelos mesmos não causou grande impedimento à germinação.

Da mesma forma que alguns materiais podem facilitar a troca de gases e água entre a semente e o ambiente externo, outros materiais podem prejudicar essa difusão, como foi verificado nos tratamentos em que havia calcário e/ou areia (CA + PVA; CA + A + PVA; CA + CV + PVA e S + A + PVA) (Tabela 2). Como mencionado anteriormente, o calcário e a areia levam à formação de camadas mais espessas de recobrimento, em função da textura desses materiais. Segundo Silva e Nakagawa (1998a), essas características do calcário podem promover a vedação do recobrimento às trocas gasosas, como foi observado por Oliveira et al., (2003 b) em sementes recobertas de tomate.

O principal problema ocasionado pelo recobrimento está relacionado aos atrasos na germinação de sementes e emergência de plantas (Silva et al., 2002). Entretanto, o atraso observado na germinação das sementes (baixo valor de IVG e alto valor de TmG), em função do recobrimento, não prejudicou as taxas finais de germinação

(Tabela 2) indicando que as plântulas, independente do recobrimento, foram capazes de recuperar esse tempo. Resultados semelhantes foram verificados em sementes de alface revestidas com diferentes proporções de bentonita e PVA (Silva et al., 2002). De modo geral, após vencer a barreira conferida pelo recobrimento, as plântulas têm sua velocidade de crescimento igualada formando, ao final, mudas uniformes (Silva e Nakagawa, 1998b).

A partir dos dados apresentados na Tabela 2 para plântulas anormais (PA), verificou-se que nenhum recobrimento empregado afetou negativamente esta variável. Apesar de a barreira imposta pelo recobrimento dificultar as trocas gasosas e a absorção de água, nenhum deles impediu essa difusão a ponto de favorecer a má formação da plântula, pelo contrário, observa-se uma redução, apesar de não significativa, da porcentagem de plântulas anormais, provavelmente, consequência da absorção mais lenta de água.

Apesar de os resultados referentes ao percentual de sementes duras (SD) mostrarem efeito em função do recobrimento (Tabela 2), estes não podem ser associados aos mesmos, pois esta característica está intimamente relacionada à dormência, peculiar a esta espécie. Como mencionado na metodologia, estas sementes sofreram escarificação mecânica com lixa ferro e, portanto, os resultados obtidos estão relacionados à eficiência desse processo.

Com relação às características fisiológicas avaliadas em casa-de-vegetação verificou-se que, os tratamentos de recobrimento promoveram menores valores de índice de velocidade de emergência (IVE) e maiores de tempo médio de emergência (TmE), de modo geral (Tabela 3). Normalmente, esses resultados são esperados quando se trabalha com o recobrimento de sementes, entretanto, verificou-se que os tratamentos S + PVA e S + CV + PVA apresentaram valores semelhantes às SNR para TmE. Novamente, a facilidade de dissolução, quando em contato com a água, e a porosidade característica do carvão vegetal demonstraram exercer um efeito positivo nesta variável, ao contrário do calcário e da areia.

Oliveira et al. (2003b) também observaram um atraso na emergência de plântulas de tomate em função do recobrimento com calcário, o que foi conferido ao poder impermeabilizante desse material. Todavia, esse efeito negativo do calcário não foi observado para sementes de sorgo (Magalhães et al. 1994). Essa impermeabilidade

atribuída ao calcário pode ser resultado da sua granulometria, o que contribuiu para a formação de péletes mais resistentes acarretando, conseqüentemente, na imposição de uma barreira mais resistente às sementes. Em relação aos demais materiais empregados, a areia é a que mais se assemelha ao tipo de granulometria do calcário. Segundo Silva e Nakagawa (1998a), o uso de calcário no recobrimento de sementes de alface proporcionou péletes com maior resistência, no entanto, a adição de areia ao recobrimento fez com que os péletes apresentassem uma resistência intermediária. Baseado nos resultados obtidos por esses autores pode-se inferir que o emprego de silicato de cálcio e carvão vegetal, no presente trabalho, levou à formação de péletes de baixa resistência comparado aqueles formados por calcário e/ou areia e, com isso, a barreira imposta por esses materiais também foi menos resistente à protusão da radícula contribuindo para os resultados verificados para o TmE.

Diferente do que foi verificado para o percentual de germinação final, nos testes em câmara de germinação, o percentual de emergência das plantas oriundas de sementes recobertas não se igualou ao das SNR ao final do teste (Tabela 3). Neste caso, todos os tratamentos de recobrimento se mostraram inferiores às SNR.

Alguns autores também relataram efeito negativo do recobrimento sobre a emergência de plântulas, destacando-se, principalmente, os revestimentos com calcário (Silva e Nakagawa, 1998b; Oliveria et al., 2003b, Santos et al., 2010). Entretanto, Mendonça et al. (2007) constataram reduções na emergência de plantas de milho superdoce com os materiais de enchimento areia, carvão vegetal, caulim (silicatos hidratados de alumínio), vermiculita, farinha de trigo e calcário, ressaltando que alguns destes materiais de enchimento foram os mesmos empregados neste trabalho.

Apesar de os tratamentos de recobrimento terem promovido a redução na emergência das plantas, a qualidade final das mesmas não foi afetada com a mesma intensidade. De modo geral, os tratamentos não prejudicaram o comprimento da parte aérea (CPA) e o comprimento de raiz (CR), onde os recobrimentos apresentaram resultados semelhantes às SNR, porém os tratamentos com CA + PVA e CA + CV + PVA proporcionaram o menor e o maior valor para o CPA, respectivamente. Para o CR, o menor e o maior valor foram obtidos, respectivamente, pelos tratamentos com CA + PVA e S + PVA (Tabela 3).

Provavelmente, os menores valores observados em função do recobrimento com CA + PVA estejam relacionados ao atraso na emergência das plantas provenientes de sementes recobertas com esse material. Uma justificativa para isso seria o fato de que o cálcio apresenta um importante papel na síntese de novas paredes celulares, principalmente a lamela média, a qual une as células após a divisão, e, nos processos de alongamento e divisão celular, ao quais estão intimamente relacionados com o crescimento radicular (Taiz e Zeiger, 2006).

Com relação ao silicato de cálcio, Tunes et al. (2014) também observaram um efeito positivo do recobrimento de sementes de arroz irrigado com fontes de silício no CR. Os autores obtiveram um incremento de 20% no CR com uma dose de 120 g 100 kg⁻¹ de sementes de casca de arroz carbonizada (composta por 95% de SiO₂). Esses resultados corroboram com os obtidos neste trabalho, onde o recobrimento com S + PVA promoveu incrementos da ordem de 18% no CR, o que confirma essa efetividade do silicato de cálcio no CR. O silício não é classificado como um elemento essencial na nutrição das plantas, porém ele possui um efeito análogo ao da lignina como componente estrutural promovendo resistência à parede celular (Epstein, 1994; Taiz e Zeiger, 2006).

No que se refere aos resultados de massa fresca e seca, nenhum tratamento de recobrimento se mostrou estatisticamente superior às SNR, para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa fresca de raiz (MFR) (Tabela 3). Entretanto, vale ressaltar que, provavelmente, isto se deu em função dos altos valores de coeficiente de variação (CV%) observados para estas variáveis, o que é comum em resultados obtidos a partir de testes em casa-de-vegetação, tendo em vista a grande exposição às variações ambientais (temperaturas muito elevadas e variações bruscas da umidade). No entanto, é importante destacar que, os tratamentos com CA + A + PVA e CA + CV + PVA promoveram incrementos, respectivamente, de 39% e 41% para MFPA, 34% e 43% para MSPA e 21% e 27% para MFR.

Por outro lado, foi possível observar diferença significativa entre os tratamentos para massa seca de raiz (MSR) (Tabela 3). O recobrimento com CA + A + PVA apresentou os maiores valores, alcançando valor 74% maior que o observado para sementes não recobertas, entretanto este não diferiu dos demais tratamentos, exceto pelo CA + PVA que apresentou os menores valores para esta variável. Esses

resultados já eram esperados, uma vez que plantas oriundas do recobrimento com CA + PVA apresentaram valores de CR 23% inferiores aqueles obtidos por plantas provenientes de SNR e, portanto, os valores de MSR seguiram o mesmo padrão de redução para esta variável (19%) em relação às SNR.

CONCLUSÕES

O recobrimento aumentou o peso de mil sementes e os diâmetros máximo e mínimo das sementes de soja perene cv. Comum.

Menor teor de água foi determinado em sementes recobertas.

O recobrimento de sementes reduziu a velocidade e aumentou o tempo de germinação, porém não afetou a taxa de germinação das sementes

Os diferentes recobrimentos afetaram a emergência e a velocidade de emergência das plantas.

Os recobrimentos com silicato com ou sem carvão vegetal ativado igualaram o tempo médio de emergência das sementes não recobertas.

Plantas provenientes do recobrimento com calcário + areia e calcário + carvão vegetal ativado obtiveram incrementos na massa fresca e seca da parte aérea e raiz das ordens de 38 e 41%, 34 e 43%, 21 e 27% e 74 e 41%, respectivamente, em relação às provenientes de sementes não recobertas.

Os tratamentos de recobrimento com calcário + carvão vegetal ativado ou calcário + areia, para o recobrimento de sementes de soja perene cv. Comum, se destacaram dos demais em função dos maiores incrementos de comprimento da parte aérea, massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca de raiz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baudet, L., Peres, W. (2004) Recobrimento de sementes. *Seed News*, 8:20-23.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 399p.
- Conceição, P.M., Vieira, H.D., Silva, R.F., Campos, S.C. (2009) Germinação e vigor de sementes de milho recobertas e viabilidade do inóculo durante o armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p.765-772, 2009.
- Costa, C., Meirelles, P. R. L., Silva, J. J. da, Factori, M. A. (2008) Evolução das pastagens cultivadas e do efetivo bovino no Brasil. *Veterinária e Zootecnia*, 15:8-17.
- Edmond, J.B, Drapala, W.J. (1958) The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:428-434.
- Epstein, E. (1994) The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91:11-17.
- Franzin, S. M., Menezes, N. L., Garcia, D. C., Roversi, T. (2004) Avaliação do vigor de sementes de alface nuas e peletizadas. *Revista Brasileira de Sementes*, 26:114-118.
- Lagôa, A.O., Ferreira, A.C, Vieira, R.D. (2012) Plantability and moisture content of naked and pelleted seeds of supersweet (Sh₂) corn during cold storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:39-46.
- Lopes, A.C.A., Nascimento, W.M. (2012) Peletização em sementes de hortaliças. Embrapa Hortaliças –Brasília – DF, *Documentos*, 137, 28p.
- Ludwig, M. P., Lucca Filho, O. A., Baudet, L., Dutra, L. M. C., Avelar, S. A. G., Crizel, R. L., Oliveira, S. (2011) Eficiência do recobrimento de sementes de soja em equipamento com sistema de aspersão. *Ciência Rural*, 41:557-563.
- Magalhães, P. C., Ferreira, D. M. N., Vasconcelos, C. A., Azevedo, J. T., Borba, C. S. (1994) Efeito da peletização na germinação e desenvolvimento de cultivares de sorgo. *Revista Brasileira de Sementes*, 16:20-25.
- Maguire, J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.

- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Eicholz, E. D. (2004) Modificações na condição física das sementes de cenoura em equipamento de recobrimento. *Revista Brasileira de Sementes*, 26:70-75.
- Mendonça, E.A F., Carvalho, N.M., Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh₂) *Revista Brasileira de Sementes*, 29:68-79.
- Monocha, S.M. (2003) Porous carbon. *Sadhana*, 28:335-348.
- Nascimento, W. M., Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Carmona, R. (2009) Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*, 27:12-16.
- Oliveira, J. A., Pereira, C. E., Guimarães, R. M., Vieira, A. R., Silva, J. B. C. (2003a) Desempenho de sementes de pimentão com diferentes materiais. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:36-47.
- Oliveira, J.A., Pereira, C.E, Guimarães, R.M, Vieira, A.R., Silva, J.B.C. (2003b) Efeito de diferentes materiais de peletização na deterioração de sementes de tomate durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:20-27.
- Pereira, C.E., Oliveira, J.A., Guimarães, R.M., Vieira, A.R., Evangelista, J.R.E., Oliveira, G.E. (2011) Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:158-164.
- Peske, F. B., Novembre, A. D. L. C. (2011) Pearl millet seed pelleting. *Revista Brasileira de Sementes*, 33:352-362.
- Pires, W. (2006) *Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação*. Viçosa: Aprenda Fácil, 302p.
- Ramos, A. K. B., Karia, C. T., Andrade, R. P., Barcellos, A. O., Vilela, L. (2004) Consorciação de poáceas e fabáceas para a produção de bovinos. *Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia (Zootec)*, Brasília – DF, 24p.
- Santos, F. C., Oliveira, J. A., Pinho, E. V. R. V., Guimarães, R. M., Vieira, A. R. (2010) Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Brasileira de Sementes*, 32:69-78.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. (2006) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 235p.
- Silva, F.A.S. (2013) *ASSISTAT - Assistência Estatística*, versão 7.6. Universidade Federal de Campina Grande – PB.

- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998a) Metodologia para avaliação de materiais cimentantes para peletização de sementes. *Horticultura Brasileira*, 16:31-37.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998b) Confecção e avaliação de péletes de sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 16:151-158.
- Silva, J. B. C., Santos, E. C., Nascimento, W. M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, 20:67-70.
- Shelton, H. M., Franzel, S., Peters, M. (2005) Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Tropical Grasslands*, 39:198-209.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2006). *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Artimed, 722p.
- Tunes, L. V. M., Fonseca, D. A. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A., Vilella, F. A. (2014) Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Revista Ceres*, v.61, n.5, p.675-685.
- Valle, C. B., Jank, L., Resende, R. M. S. (2009) O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*, 56:460-472.

Tabela 1 – Peso de mil sementes (PMS) (g), Diâmetro Máximo (DMA) (mm), Diâmetro Mínimo (DMI) (mm) e Teor de Água (TA) (%) de sementes de soja perene cv. Comum recobertas com os seguintes tratamentos: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico + areia + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

Tratamento	PMS (g)	DMA (mm)	DMI (mm)	TA (%)
SNR	5,50	2,60 c	1,77 d	10,0 a
CA + PVA	8,45	2,82 b	2,19 b	6,5 d
CA + A + PVA	10,68	2,87 a	2,30 a	5,7 f
CA + CV + PVA	8,89	2,81 b	2,20 b	6,4 d
S + PVA	6,75	2,81 b	2,09 c	7,5 b
S + A + PVA	8,73	2,86 a	2,28 a	6,1 e
S + CV + PVA	7,23	2,83 ab	2,10 c	7,1 c
Média	-	2,80	2,13	7,04
CV (%)	-	0,87	1,12	1,17

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 2 – Primeira Contagem de Germinação (PCG) (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TmG) (dias), Germinação (%), Plântulas Anormais (PA) (%) e Sementes Duras (SD) (%) de soja perene cv. Comum recobertas com os seguintes tratamentos: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico + areia + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

Tratamento	PCG (%)	IVG	TmG (dias)	G (%)	PA (%)	SD (%)
SNR	35 a	8,83 a	4,25 a	55 a	13 a	10 c
CA + PVA	6 bc	5,25 c	5,68 cd	48 a	7 a	7 c
CA + A + PVA	4 c	4,92 c	6,58 d	49 a	10 a	13 bc
CA + CV + PVA	4 c	5,37 bc	6,36 d	53 a	10 a	9 c
S + PVA	9 bc	6,28 bc	5,30 bc	50 a	11 a	9 c
S + A + PVA	4 c	5,07 c	6,07 cd	47 a	10 a	19 a
S + CV + PVA	17 b	6,84 b	5,08 ab	54 a	9 a	18 ab
Média	11,3	6,08	5,62	50,9	10	12,1
CV (%)	42,59	8,10	10,27	16,56	36,22	31,88

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 3 – Emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE) (dias), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), massa fresca da parte aérea (MFPA) (mg planta⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA) (mg planta⁻¹), massa fresca da raiz (MFR) (mg planta⁻¹) e massa seca da raiz (MSR) (mg planta⁻¹) de plantas de soja perene cv. Comum oriundas de sementes recobertas com os seguintes tratamentos: SNR – sementes não recobertas; CA + PVA – calcário dolomítico + PVA; CA + A + PVA – calcário dolomítico + areia + PVA; CA + CV + PVA – calcário dolomítico + carvão vegetal ativado + PVA; S + PVA – silicato de cálcio + PVA; S + A + PVA – silicato de cálcio + areia + PVA; S + CV + PVA – silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA.

Tratamento	E (%)	IVE	TmE (dias)	CPA (cm)	CR (cm)	MFPA (mg/pl)	MSPA (mg/pl)	MFR (mg/pl)	MSR (mg/pl)
SNR	55 a	5,35 a	5,76 a	1,13 ab	6,44 ab	53,76 a	9,67 a	35,94 a	5,82 ab
CA + PVA	43 b	3,38 bc	7,00 bc	0,86 b	4,97 b	45,79 a	7,15 a	29,46 a	4,71 b
CA + A + PVA	47 b	3,35 bc	7,83 c	1,10 ab	6,68 ab	74,45 a	12,97 a	43,54 a	10,11 a
CA + CV + PVA	42 b	3,11 c	7,69 bc	1,39 a	7,43 ab	75,56 a	13,80 a	45,78 a	8,20 ab
S + PVA	46 b	3,91 b	6,47 ab	1,16 ab	7,60 a	62,82 a	10,55 a	44,87 a	7,00 ab
S + A + PVA	46 b	3,50 bc	7,64 bc	1,03 ab	7,34 ab	60,81 a	10,88 a	33,58 a	5,85 ab
S + CV + PVA	44 b	3,94 b	6,34 a	1,11 ab	7,39 ab	62,75 a	10,01 a	37,82 a	6,37 ab
Média	45,93	3,79	6,96	1,11	6,84	62,28	10,72	38,71	6,87
CV (%)	10,29	11,92	11,16	20,19	22,45	34,48	39,30	38,90	41,94

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

3.3- Potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande em resposta ao recobrimento com zinco e boro

RESUMO

A utilização de micronutrientes na agricultura tem aumentado cada vez mais a produtividade das culturas. O recobrimento de sementes é uma alternativa para a aplicação de micronutrientes com maior uniformidade de distribuição, melhor aproveitamento pela planta e baixo custo de aplicação. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande em resposta ao recobrimento com zinco e boro. As fontes dos micronutrientes foram sulfato de zinco (Zn) e ácido bórico (B). Os tratamentos foram: T1– sementes não recobertas; T2– sementes recobertas apenas com silicato de cálcio; T3– 80 g de B + 60 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T4– 120 g de B + 90 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T5– 160 g de B + 120 g de Zn kg⁻¹ de sementes e; T6– 200 g de B + 150 g de Zn kg⁻¹ de sementes. Além dos micronutrientes, as sementes foram recobertas com silicato de cálcio e uma solução de água + cola PVA. Posteriormente, as sementes foram avaliadas por meio do teste de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG), pelo teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), área foliar (AF), número de nódulos (NN) e massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e da raiz (MFR e MSR). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, porém, para a avaliação da emergência, IVE e TmE foi empregado um delineamento em blocos ao acaso, ambos os delineamentos com quatro repetições de 50 sementes. O recobrimento com os micronutrientes reduziu e atrasou a germinação das sementes, a emergência e o IVE das plantas, porém não afetou o TmG e TmE. O Tratamento 4 (120 g de ácido bórico + 90 g de sulfato de zinco) proporcionou os maiores valores de CPA, CR, AF e NN. Os tratamentos afetaram de modo distinto a MFPA, MSPA, MFR e MSR.

Palavras-chave: Fabaceae, drageadora, germinação, emergência, zinco, boro

ABSTRACT

The use of micronutrients in agriculture has increasingly increased crop productivity. Seed coating is an alternative to the application of micronutrients with greater uniformity distribution, better utilization by the plant and low cost of application. Thus, the aim of this study was to evaluate the physiological potential of estilosantes cv. Campo Grande seeds in response to coating with zinc and boron. The sources of micronutrients were zinc sulfate (Zn) and boric acid (B). The treatments were: T1- uncoated seeds; T2- 0 seeds treated with calcium silicate only; T3- 80 g of B + 60 g of Zn kg⁻¹ seeds; T4- 120 g of B + 90 g of Zn kg⁻¹ seeds; T5- 160 g of B + 120 g of Zn kg⁻¹ seeds and; T6- 200 g of B + 150 g of Zn kg⁻¹ seeds. Besides the micronutrients, seeds were coated with calcium silicate and a solution of water + PVA glue. Then the seeds were evaluated by the germination test, germination speed index (GSI) and mean germination time (MGT), the emergence test, emergence speed index (ESI), mean emergence time (MET), shoot length (SL) and root (RL), leaf area (LA), number of nodes (NN) and fresh and dry weight of shoots (SFW and SDW) and root (RFW and RDW). A completely randomized design was used, however, for the evaluation of emergence, ESI and MET was used a randomized block design, both design with four replications of 50 seeds. The coating with micronutrients reduced and delayed seed germination, emergence and the ESI plant, but did not affect the MGT and MET. Treatment 4 (120 g of boric acid + 90 g of zinc sulfate) gave the highest SL, RL, LA and NN values. The treatments affected differently the SFW, SDW, RFW and RDW.

Keywords: Fabaceae, coating machine, germination, emergence, zinc, boron

INTRODUÇÃO

No Brasil, a maneira mais prática e econômica de sustentação da pecuária são as pastagens. Entretanto, os resultados obtidos com a produção de massa seca são inferiores ao potencial produtivo dessa atividade (Vitor et al., 2009), tendo em vista, principalmente, a deficiência no manejo da adubação. Sendo assim, o uso de técnicas que visem esse manejo, surge como alternativas viáveis para garantir a sustentabilidade das pastagens cultivadas combinando produtividade, qualidade e persistência da produção forrageira (Teles et al., 2011).

Dentre os nutrientes exigidos pelas plantas, os micronutrientes vêm se destacando, principalmente, devido à limitação ao desenvolvimento das culturas, quando há deficiência destes elementos; ao aumento da produtividade da cultura e da sua qualidade, quando o suprimento de micronutrientes é fornecido a um nível adequado e; pelo uso eficiente de fertilizantes contendo nitrogênio e fósforo, quando a planta apresenta níveis apropriados de micronutrientes (Kirkby e Römheld, 2007).

Esses nutrientes caracterizam-se por serem absorvidos em pequenas quantidades (da ordem de alguns miligramas por quilograma de matéria seca da planta). O que é devido ao fato de eles não participarem de estruturas da planta, mas sim da constituição de enzimas ou pela atuação como seus ativadores (Dechen e Nachtigall, 2006).

Dentre os micronutrientes, o boro e o zinco merecem grande destaque, pois são os que mais frequentemente promovem deficiência nas culturas nos solos das regiões tropicais (Faquin, 2005).

De modo geral, o boro exerce um importante papel na translocação de açúcares (Gauch e Dugger Jr., 1953), participa do florescimento e crescimento do tubo polínico (Wang et al., 2003; Chagas et al., 2010), tem uma importante função na formação da parede celular da planta, regulando a síntese e a estabilidade de constituintes da parede celular (Hu e Brown, 1994), incluindo a membrana plasmática (Malavolta, 2006), e ainda participa dos processos de divisão e alongamento celular (Kouchi e Kumazawa, 1976; Cohen e Lepper Jr., 1977); do transporte de auxinas (Tang e Fuente, 1986) e; da síntese da base nitrogenada uracila, componente do RNA,

portanto, a deficiência de B afeta a síntese de ácido nucleico e, conseqüentemente, a de proteínas (Faquin, 2005). Além disso, exerce um papel importante na fixação biológica de nitrogênio, pois ele protege a enzima nitrogenase de danos causados pela toxidez de espécies de O_2 , como O_2^- e H_2O_2 (Azevedo et al., 2002; Malavolta, 2006).

Por outro lado, a principal função do Zn no metabolismo das plantas é a de componente e ativador enzimático (Faquin, 2005), sendo essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura proteica ou uma combinação destas (Dechen e Nachtigall, 2006). O Zn está ainda envolvido, no metabolismo de auxinas, particularmente, do ácido indolacético (AIA) (Faquin, 2005; Kirkby e Römheld, 2007; Alloway, 2008).

Tendo em vista que a quantidade de micronutrientes requerida pelas plantas é pequena, o recobrimento de sementes com micronutrientes é uma alternativa interessante, pois proporciona uma melhor uniformidade de distribuição, reduz as perdas, apresenta menor custo de aplicação, além de melhorar a emergência e o estabelecimento das plântulas (Lopes, 1999; Wazilewski e Gomes, 2009; Farooq et al., 2012).

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande em resposta ao recobrimento com zinco e boro.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Setor de Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) e na Unidade de Apoio à Pesquisa, ambos pertencentes à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Foram utilizadas sementes comerciais de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata/macrocephala*), as quais foram previamente submetidas à escarificação manual entre duas folhas de lixa d'água número 100.

Foi utilizado como material de enchimento silicato de cálcio e como material cimentante foi utilizada uma solução de água e cola cascorez extra à base de acetato de polivinila (PVA).

As doses dos micronutrientes seguiram a recomendação de Malavolta (1980), para fabáceas forrageiras. A partir dessa recomendação foram estabelecidos os seguintes tratamentos com micronutrientes: T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio; T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes.

A proporção de silicato de cálcio e semente empregada foi de 3:1 (p/p), respectivamente. A cola à base de PVA foi diluída em água, previamente aquecida a 70 °C (Mendonça et al., 2007), na proporção de 1:1 (v/v) para a utilização como solução cimentante. A quantidade de silicato de cálcio foi dividida em porções de 12,5 g cada para que a aplicação dos materiais de enchimento pudesse ser feita em camadas. Por outro lado, as porções de micronutrientes, previamente estabelecidas, foram adicionadas de uma só vez na sexta camada de recobrimento, seguindo a ordem do sulfato de zinco seguido pelo ácido bórico, ambos na mesma camada de recobrimento.

Foi utilizada, no processo de recobrimento, uma drageadora de bancada, modelo N10 Newpack equipada com cuba em aço inox, bico para aplicação de material cimentante acionado por ar comprimido à pressão de 4 bar, soprador de ar quente e temporizador para regular o tempo de duração do spray e do soprador. Essas peças foram reguladas para funcionar da seguinte maneira: velocidade da cuba de 90 rpm, tempo de duração do spray de solução cimentante de 1 segundo, temperatura do soprador de ar de 40 °C e tempo de duração do soprador ligado de 1 minuto.

O procedimento para deposição dos materiais em camadas se deu da seguinte forma: as sementes foram postas dentro da cuba da drageadora juntamente com uma porção de material de enchimento, silicato de cálcio. Em seguida, o spray de solução cimentante foi acionado três vezes consecutivas e, novamente, foi adicionado uma porção de material de enchimento sobre a massa de sementes, seguido por mais uma aplicação de solução cimentante. Posteriormente, o soprador de ar (40 °C) foi acionado

por 1 minuto. Este procedimento correspondeu a uma camada de recobrimento e foi repetido até que a quantidade de material de enchimento acabasse.

Após o recobrimento, as sementes foram avaliadas quanto às características fisiológicas, em laboratório e casa-de-vegetação. Em laboratório, as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de germinação em papel, primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG) (dias). Em casa-de-vegetação, as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE) (dias), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), área foliar (AF) (cm²), número de nódulos (NN), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSR) (mg planta⁻¹) e massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR) (mg planta⁻¹).

Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido segundo modificação das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) com quatro repetições de 50 sementes cada, para cada tratamento. As sementes foram semeadas em gerbox contendo duas folhas de papel para germinação umedecidas com água deionizada no volume de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram mantidas, por 10 dias, em câmara de germinação do tipo BOD com fotoperíodo de 16/8 horas (escuro/luz) e temperatura alternada de 20/35 °C, sendo 16 horas a 20 °C e 8 horas a 35 °C. As avaliações foram realizadas aos 4 e 10 dias após o início do teste (1ª contagem (PCG) e germinação final (G), respectivamente), computando-se o número de plântulas normais, plântulas anormais (PA) e sementes duras de acordo com os critérios estabelecidos por Brasil (2009), e os resultados expressos em porcentagem.

Ao longo do teste foram realizadas contagens diárias para a determinação, ao final, do índice de velocidade de germinação (IVG), pela fórmula proposta por Maguire (1962) e, o tempo médio de germinação (TmG), de acordo com Edmond e Drapala (1958). Para a variável IVG, valores mais altos expressam melhores resultados, ou seja, as sementes germinam mais rapidamente. Por outro lado, para TmG valores mais

baixos expressam melhores resultados, ou seja, a germinação máxima das sementes é atingida num intervalo de tempo menor.

Teste de emergência

Foi conduzido em casa-de-vegetação e estabelecido em bandejas plásticas, com capacidade de 2,2 litros de substrato, contendo uma mistura de areia e solo (2:1) (v/v), onde as sementes foram semeadas. Foram realizadas contagens diárias do número de plantas emergidas por um período de 30 dias. Ao final, foram determinados o percentual de emergência (%E), o índice de velocidade de emergência (IVE), segundo fórmula adaptada de Maguire (1962), e o tempo médio de emergência (TmE) (dias), segundo adaptação de Edmond e Drapala (1958).

Para o restante das avaliações, as plantas foram mantidas em casa-de-vegetação por um período total de 47 dias. Ao final, as plantas foram retiradas cuidadosamente das bandejas e tiveram suas raízes devidamente lavadas para, então, análise pelo equipamento SAS (Sistema de Análise de Sementes), o qual forneceu os dados referentes ao comprimento da parte aérea (CPA) (cm) e raiz (CR) (cm) e número de nódulos/planta (NN). Para a obtenção da área foliar (AF) (cm²), todas as plantas tiveram suas folhas, completamente expandidas, destacadas e analisadas pelo equipamento SAS. Posteriormente, a parte aérea foi separada da raiz e ambas foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA) (mg planta⁻¹) e da raiz (MFR) (mg planta⁻¹). Em seguida, os sacos foram mantidos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) (mg planta⁻¹) e da raiz (MSR) (mg planta⁻¹) (Silva e Queiroz, 2006).

Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado um modelo de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, para as variáveis: primeira contagem de germinação (PCG), percentual de germinação (G), de plântulas anormais (PA) (%) e sementes duras (SD) (%), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo

médio de germinação (TmG) (dias). Para as variáveis percentual de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TmE) (dias) foi utilizado um modelo de delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições de 50 sementes cada. Para as variáveis, comprimento da parte aérea (CPA) (cm) e raiz (CR) (cm), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) (mg planta^{-1}) e raiz (MFR e MSR) (mg planta^{-1}), área folia (AF) (cm^2) e número de nódulos (NN) foi empregado um modelo de delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições, sendo que cada planta constituiu uma repetição.

Os dados relativos a G e PA foram transformados para arcoseno $(x/100)^{1/2}$, por não atenderem aos requisitos de homogeneidade de variância e normalidade. Após a transformação, os requisitos foram atendidos e, então se procedeu à análise de variância dos dados, entretanto, os valores apresentados são referentes aos dados originais

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do software gratuito Assistência Estatística (ASSISTAT) 7.6 beta (Silva, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados referentes ao experimento realizado em câmara de germinação observou-se que, os tratamentos exerceram influência sobre a qualidade fisiológica das sementes de estilosantes (Tabela 1). Em relação à primeira contagem de germinação (PCG) foi possível verificar que todos os tratamentos que envolveram o recobrimento das sementes, independente da adição ou não de Zn e B, exerceram um efeito negativo sobre esta variável. Nenhum dos tratamentos se mostrou superior ao Tratamento 1 (sementes não recobertas), referente às sementes não recobertas, destacando-se, principalmente, o Tratamento 6 (adição de 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes ao recobrimento) no qual o percentual de germinação na primeira contagem do teste foi igual a zero.

Alguns autores, em contraposição, não verificaram diferença do recobrimento com zinco e boro na PCG de sementes de arroz e trigo (Tavares et al., 2013a, Tavares et al., 2013b). Entretanto, cabe ressaltar que, as maiores doses (0,25 e 8,4 g kg⁻¹ de sementes de Zn e B para arroz e 0,73 e 0,03 g kg⁻¹ de sementes de Zn e B para trigo, respectivamente) utilizadas pelos mesmos autores foi inferior às empregadas neste trabalho. Provavelmente essa redução observada na PCG pode ter ocorrido devido ao efeito osmótico promovido pelos micronutrientes. Os fertilizantes utilizados como fonte dos micronutrientes são caracterizados por serem sais e, a presença destes interfere no potencial hídrico do recobrimento ao entorno da semente reduzindo o gradiente de potencial entre o recobrimento e a superfície da semente, o que acaba restringindo a absorção de água e, conseqüentemente, reduzindo a germinação das sementes. No entanto, não somente as fontes de micronutrientes utilizadas são caracterizadas por serem sais, como também o material de enchimento empregado no recobrimento, o silicato de cálcio, e, portanto, a adição dos micronutrientes ao recobrimento pode ter potencializado esse efeito osmótico, o que acarretou nos resultados verificados, principalmente, em relação ao Tratamento 6 constituído pela maior dose.

Os resultados observados na PCG refletiram, conseqüentemente, nos valores de índice de velocidade de germinação (IVG). Contudo, o mesmo não foi observado para os valores de tempo médio de germinação (TmG), possivelmente, em razão do alto valor de coeficiente de variação (CV%) encontrado para esta variável (32,74%) em comparação ao observado para IVG (11,19%) (Tabela 1). Da mesma forma, todos os tratamentos interferiram negativamente no percentual de germinação ao final do teste, onde se pôde observar os piores percentuais para os Tratamentos 5 e 6 (44 e 23%, respectivamente) (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram constatados por Ribeiro et al. (1994) na germinação de sementes de milho recobertas com Zn e B, na dosagem única de 2,5 g de Zn e 0,15 g de B kg⁻¹ de sementes, para sementes de sorgo, em função do aumento das doses de Zn até o máximo de 28,56 g kg⁻¹ sementes (Yagi et al., 2006) e para sementes de arroz irrigado até a dose de 0,77 g de Zn kg⁻¹ de sementes (Funguetto, 2007). No entanto, diversos autores relatam que o recobrimento de sementes com esses micronutrientes, quer aplicados isoladamente ou em conjunto, não afeta a germinação das mesmas (Ohse et al., 2000; Masuthi et al., 2009; Tavares et al., 2013a;

Tavares et al., 2013b; Tavares et al., 2013c; Arjmand et al., 2014; Oliveira et al., 2014). Entretanto, cabe ressaltar que, no presente trabalho as doses empregadas de micronutrientes foram superiores às utilizadas por esses autores e, a redução no percentual de germinação final observada reforça a hipótese da influência exercida por esses micronutrientes no potencial hídrico do recobrimento reduzindo a velocidade de absorção de água pelas sementes.

A partir dos dados referentes a plântulas anormais (PA) foi possível verificar o efeito negativo de alguns tratamentos sobre esta variável (Tabela 1). Sementes não recobertas (Tratamento 1) apresentaram o menor percentual de PA, entretanto, os Tratamentos 2 e 4 (T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio e T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não diferiram do controle. Novamente, os piores percentuais foram observados nos Tratamentos 5 e 6 (T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes), compostos pelas maiores doses dos micronutrientes. Isto pode estar relacionado a uma toxidez proveniente destas maiores doses, uma vez que esses micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades e a faixa entre a quantidade ideal e a tóxica é pequena.

No que diz respeito ao percentual de sementes duras (SD), nenhum tratamento promoveu diferença significativa (Tabela 1), o que era esperado, visto que a dureza tegumentar é uma característica peculiar da espécie estes resultados estão diretamente relacionados à eficiência da escarificação realizada nas sementes antes do recobrimento.

Com relação às características avaliadas em casa-de-vegetação foi possível verificar melhor o efeito dos tratamentos de recobrimento com os micronutrientes na qualidade fisiológica das sementes. Todos os tratamentos em que houve adição de micronutrientes no recobrimento proporcionaram menores percentuais de emergência de plântulas, entretanto, para índice de velocidade de emergência (IVE) os mesmos não diferiram do controle (Tabela 2). Por outro lado, o Tratamento 2 (sementes recobertas apenas com silicato de cálcio), constituído apenas do recobrimento com silicato de cálcio, mostrou os melhores resultados para o IVE. Em contrapartida, a adição de micronutrientes ao recobrimento não prejudicou o tempo médio de emergência (TmE), onde todos os tratamentos adicionados dos mesmos não diferiram

entre si. No entanto, o Tratamento 3 (80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) se mostrou semelhante ao Tratamento 1 (sementes não recobertas).

De modo geral, espera-se que com o aumento das doses dos micronutrientes haja também um aumento no percentual de emergência até uma dose ótima e, a partir de então, ocorra uma diminuição nessa característica, entretanto, no presente trabalho, esse comportamento não foi observado. De modo semelhante, Tavares et al. (2013c) avaliando o efeito de diferentes doses de zinco (0; 0,78; 1,56; 2,34 e 3,12 g de Zn kg^{-1} de sementes) no recobrimento de sementes de aveia, não verificaram diferença entre as doses empregadas, da mesma forma que para o controle, quando comparados pelo teste de média. Contudo, é importante ressaltar que as doses utilizadas pelos autores eram inferiores às empregadas neste trabalho. Portanto, pode-se inferir que, novamente, o efeito osmótico dos micronutrientes pode ter interferido no potencial hídrico do recobrimento acarretando em diminuições na velocidade de absorção de água, o que, conseqüentemente, reduziu emergência das plantas.

Ribeiro et al. (1994) também verificaram um efeito negativo da adição de zinco e boro ao recobrimento de sementes de milho na velocidade de emergência das plantas obtidas. No entanto, esse efeito não foi observado na velocidade de emergência de plantas de cevada, provenientes de um lote de alta qualidade de sementes recobertas com diferentes doses de zinco (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 g de Zn kg^{-1} de sementes), onde não houve diferença entre as doses e o controle (Arjmand et al., 2014).

A maior parte dos trabalhos que envolvem o uso de micronutrientes no recobrimento de sementes realiza avaliações referentes às características morfológicas, como comprimento e diâmetro de planta, e de rendimento, tais como massa fresca e seca e produtividade e, com isso há uma escassez de trabalhos no que se refere ao tempo e à velocidade com que essas plantas demoram para emergir. Além disso, todos os trabalhos disponíveis na literatura mencionam apenas o tipo de recobrimento feito em sacos plásticos com a adição das sementes e da calda, composta pelos micronutrientes e polímero. E, portanto, a influência do material de enchimento, usado no recobrimento, juntamente com os micronutrientes podem acarretar em efeitos diferentes daqueles verificados quando o recobrimento é realizado apenas com polímero, uma vez que o material de enchimento pode potencializar o efeito osmótico dos micronutrientes.

Para a variável comprimento da parte aérea (CPA) foi possível observar um efeito positivo da adição dos micronutrientes no recobrimento (Tabela 2). Os piores valores foram obtidos em plantas oriundas de sementes não recobertas (Tratamento 1), da mesma forma que para aquelas provenientes do Tratamento 2 (recobertas apenas com silicato de cálcio), o qual não diferiu do Tratamento 1. Dentre os tratamentos em que foram adicionados os micronutrientes, o Tratamento 4 (120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) apresentou os melhores valores para esta variável, entretanto, os Tratamentos 3 (T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) e 5 (T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não mostraram diferença em relação ao mesmo. Em contrapartida, o Tratamento 6 (T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes), dentre os compostos por micronutrientes, proporcionou os menores valores de CPA. De modo similar, o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) também foi o que proporcionou os melhores valores de comprimento de raiz (CR), ao contrário do Tratamento 6 (T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes), o qual promoveu o menor CR, não diferindo do Tratamento 1 (sementes não recobertas).

No que diz respeito ao uso de doses de micronutrientes no recobrimento de sementes, espera-se que os tratamentos acarretem em um incremento no valor da variável analisada, até determinada dose, seguido pelo decréscimo no mesmo. Esses resultados foram observados por diversos autores para as variáveis CPA e CR, seja no recobrimento de sementes com Zn e B ou no uso destes de maneira isolada (Ohse et al. 2000; Funguetto, 2007; Masuthi et al., 2009; Tavares et al., 2013a; Tavares et al., 2013), o que corroboram com os resultados observados neste trabalho. Entretanto, Ohse et al. (2000) obtiveram melhores resultados de comprimento da parte aérea, raiz e planta inteira de arroz quando foi utilizado apenas Zn no recobrimento. Quando comparada à adição de B + Zn, estas foram inferiores às sementes que não receberam nenhum tratamento. Segundo os autores, estes resultados se devem, provavelmente, a um efeito antagônico desses micronutrientes. No presente trabalho não se pode inferir que esses micronutrientes apresentaram um efeito antagônico, visto que, apesar dos mesmos não terem sido avaliados isoladamente, o efeito conjunto deles foi superior ao observado para o Tratamento 1 (controle). O efeito negativo verificado no Tratamento 6

(T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) se deve, possivelmente, ao início de um efeito fitotóxico e não antagônico desses micronutrientes.

O boro tem um importante papel na formação da parede celular da planta, regulando a síntese e a estabilidade de constituintes da parede celular (Hu e Brown, 1994) além de, participar dos processos de divisão e alongamento celular (Kouchi e Kumazawa, 1976; Cohen e Lepper Jr., 1977), o que o torna essencial para o desenvolvimento das raízes e pontos de crescimento. De modo semelhante, o zinco está relacionado com a síntese de triptofano e este sendo o precursor da biossíntese do ácido indolacético (AIA), hormônio responsável pelo crescimento em plantas (Faquin, 2005; Kirkby e Römheld, 2007; Alloway, 2008).

Em relação à área foliar (AF), novamente o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) se destaca dos demais por apresentar o melhor resultado, contudo os Tratamentos 2, 3 e 6 (T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio; T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não diferiram deste. O pior resultado foi observado para o Tratamento 1 (sementes não recobertas) (Tabela 2). Tavares et al. (2013a) também observaram incrementos na AF de plantas de arroz obtidas de sementes recobertas com Zn e B à medida que as doses testadas aumentavam (dose máxima testada de 0,25 g de Zn kg^{-1} de sementes e 8,4 g de B kg^{-1} de sementes). Os autores avaliaram dois produtos, sendo que um deles era composto apenas por Zn e o outro pela mistura desse com B e Mo, e não verificaram diferença entre os mesmos. Da mesma forma, o uso desses mesmos produtos também proporcionou incrementos nos valores de AF de plantas de trigo em razão do aumento das doses (dose máxima testada de 3,12 g de Zn kg^{-1} de sementes e 0,03 g de B kg^{-1} de sementes) (Tavares et al., 2013b). Esses resultados corroboram, ainda, com os encontrados para plantas de aveia recobertas com Zn (na dose de 3,12 g de Zn kg^{-1} de sementes) (Oliveira et al., 2014).

É importante destacar que, as doses avaliadas nos trabalhos mencionados são ínfimas se comparadas às utilizadas nesse trabalho. Isto se deve à utilização de formulações comerciais, por esses autores, as quais possuem uma dosagem

recomendada para as principais culturas, diferente deste trabalho que seguiu uma recomendação específica para fabáceas forrageiras.

Para a variável número de nódulos (NN), o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) também promoveu os melhores resultados, sendo que, os Tratamentos 5 e 6 proporcionaram os piores valores, demonstrando efeito inibidor das doses utilizadas nestes tratamentos (Tabela 2).

Como se sabe, as fabáceas, como o estilosantes, são caracterizadas pela sua capacidade de se associar a bactérias capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e convertê-lo em amônia, o qual será incorporado em formas de nitrogênio possíveis de utilização por estas plantas (Marin et al., 1999; Araújo e Carvalho, 2006). Esse processo possui um caráter anaeróbico devido à sensibilidade ao oxigênio da enzima nitrogenase, responsável pelo mesmo. Portanto, a quantidade de oxigênio, necessária a respiração celular, deve ser controlada sem que haja o comprometimento da atividade enzimática (Faquin, 2005). Acredita-se que o mecanismo de controle de oxigênio esteja relacionado à atuação do boro na parede celular, visto que existe uma relação entre a membrana da fabácea e a do rizóbio (Bolaños et al., 1996). Como mencionado anteriormente, o boro regula a síntese e a estabilidade dos constituintes da parede celular e, caso haja uma deficiência desse micronutriente, a barreira que controla a difusão de oxigênio do lado de fora da zona infectada pelo nódulo pode ser rompida, comprometendo a atividade da enzima e, conseqüentemente, a eficiência da fixação biológica do nitrogênio (Yamagishi e Yamamoto, 1994).

Com relação aos resultados obtidos para massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA), o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não se destacou dos demais como foi verificado para CPA, CR, AF e NN (Tabela 2). Para MFPA os Tratamentos 2 e 3 (T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio e T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) proporcionaram os melhores resultados, sendo que o Tratamento 6 (T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não diferiu destes. Por outro lado, para MFPA os piores resultados foram observados para o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes). Esses resultados podem estar relacionados a uma melhor eficiência fotossintética de plantas provenientes de tratamentos com menor área foliar

(Tratamentos 2, 3 e 6), a qual pode ter sido capaz de interceptar a energia luminosa e o CO₂, para produção de massa seca, melhor do que plantas com maior AF (Tratamento 4) (Tavares et al., 2013).

Os melhores resultados para massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) foram observados para plantas oriundas do Tratamento 2 (T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio), no entanto, os Tratamentos 3 e 4 (T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes e T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes) e o Tratamento 3 não diferiram deste para MFR e MSR, respectivamente (Tabela 2).

Ohse et al. (2000) não verificaram diferença significativa na massa seca da parte aérea e total de plantas de arroz irrigado provenientes de sementes recobertas com Zn e B, o mesmo foi observado para massa seca de plantas de feijão de vagem (Masuthi et al., 2009) e de trigo provenientes de sementes recobertas com diferentes doses de zinco (Tavares et al. 2013b). Em contrapartida, alguns autores relataram um efeito negativo do Zn na MSR e massa seca total de plantas de sorgo e de milho, quando utilizado sulfato de zinco como fonte do micronutriente, em função do aumento das doses (Yagi et al., 2006; Prado et al., 2007, Prado e Mouro, 2007). Esse efeito pode ser resultado de um excesso de Zn somado à concentração já presente nas sementes desse micronutriente, acarretando na inibição do alongamento radicular (Yagi et al., 2006). No entanto, resultados positivos do recobrimento de sementes com esses micronutrientes também foram descritos para MSPA e MSR de plantas de arroz irrigado e massa seca de plantas de trigo a partir de sementes recobertas com Zn, MSPA de plantas de arroz oriundas de sementes recobertas com Zn, B e Mo e massa seca de plantas de aveia provenientes do recobrimento com Zn (Funguetto, 2007; Tavares et al., 2013b; Tavares et al., 2013a; Oliveira et al., 2014).

Uma vez que os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades pelas plantas e, a partir dos resultados encontrados no presente trabalho, é necessária a realização de novos ensaios com o objetivo de avaliar doses intermediárias, a fim de que se possa recomendar uma dose ideal para o recobrimento de sementes de estilosantes cv. Campo Grande com os micronutrientes zinco e boro.

CONCLUSÕES

O recobrimento com os micronutrientes reduziu e atrasou a germinação das sementes, porém o recobrimento com silicato de cálcio acrescido de 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes (Tratamento 3) proporcionou índice de velocidade de germinação semelhante às sementes não recobertas.

Nenhum dos tratamentos aumentou significativamente o tempo médio de germinação.

Os tratamentos acrescidos de micronutrientes reduziram a emergência e o índice de velocidade de emergência de plantas, porém não afetaram o tempo médio de emergência.

O Tratamento 4 (120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) proporcionou os maiores valores de comprimento da parte aérea e raiz, área foliar e número de nódulos.

Os tratamentos de recobrimento com micronutrientes afetaram de modo distinto as variáveis de massa fresca e seca da parte aérea e raiz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, B. J. (2008) *Zinc in soils and crop nutrition*. 2 ed. Bruxelas: International Zinc, 135p.
- Araújo, A. S. F., Carvalho, E. M. S. (2006) Fixação biológica de nitrogênio em fabáceas. Universidade Federal do Piauí, *Comunicado Técnico*, 11:1-4.
- Arjmand, H. S., Abarghooei, G. H. B., Ghorbanpour, M., Sharafi, S. (2014) Effect of zinc coated during storage in the seed quality of barley. *International Journal of Farming and Allied Science*, 3:845-850.
- Azevedo, W. R., Faquin, V., Moreira, F. M. S., Oliveira Jr., A. C., Lisboa, C. C. (2002) Efeito do boro na nodulação da ervilha cultivada em solos de várzea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1137-1143.

- Bolaños, L., Brewin, N. J., Bonilla, I. (1996) Effects of boron on *Rhizobium*-legume cell-surface interactions and nodule development. *Plant Physiology*, 110:1249-1256.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 399p.
- Chagas, E. A., Pio, R., Chagas, P. C., Pasqual, M., Bettiol Neto, J. E. (2010) Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. *Ciência Rural*, 40:261-266.
- Cohen, M. S., Lepper Jr., R. (1977) Effect of boron on cell elongation and division in squash roots. *Plant Physiology*, 59:884-887.
- Dechen, A. R., Nachtigall, G. R. (2006) Micronutrientes. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 327-354.
- Edmond, J.B, Drapala, W.J. (1958) The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:428-434.
- Faquin, V. (2005) *Nutrição mineral de plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 179p.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. (2012) Micronutrient application through seed treatments – a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12:125-142.
- Funguetto, C. I. (2007) Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco e polímero. *Norte Científico*, 2:80-92.
- Gauch, H. G., Dugger Jr., W. M. (1953) The role of boron in the translocation of sucrose. *Plant Physiology*, 28:457-466.
- Hu, H., Brown, P. H. (1994) Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. *Plant Physiology*, 105:681-689.
- Kirkby, E. A., Römheld, V. (2007) *Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade*. Encarte Técnico, Informações Agrônomicas 118. INPI, 24p.
- Kouchi, H., Kumazawa, K. (1976) Anatomical responses of roots tips to boron deficiency: III. Effect of boron deficiency on sub-cellular structure of root tips, particularly on morphology of cell wall and its related organelles. *Soil Science and Plant Nutrition*, 22:53-71.
- Lopes, A. S. (1999) *Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica*. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) – São Paulo – Boletim Técnico, 8, 58p.

- Maguire, J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Malavolta, E. (1980) *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 251p.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 631p.
- Marin, V. A., Baldani, V. L. D., Teixeira, K. R. S., Baldani, J. I. (1999) Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura. Embrapa – Agrobiologia, *Série Documentos*, Seropédica – RJ, 34p.
- Masuthi, D. A., Vyakaranahal, B. S., Deshpande, V. K. (2009) Influence of pelleting with micronutrients and botanical on growth, seed yield and quality of vegetable cowpea. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22:898-900.
- Mendonça, E.A F., Carvalho, N.M., Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh₂) *Revista Brasileira de Sementes*, 29:68-79.
- Ohse, S., Marodim, V., Santos, O. S., Lopes, S. J., Manfron, P. A. (2000) Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Uruguiana*, 7/8:41-50.
- Oliveira, S., Tavares, L. C., Lemes, E. S., Brunes, A. P., Dias, I. L., Meneghello, G. E. (2014) Tratamento de sementes de *Avena sativa* L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. *Semina: Ciências Agrárias*, 35:1131-1142.
- Prado, R. M., Mouro, M. C. (2007) Fontes de zinco aplicado em sementes de sorgo cv. BRS 310 e o crescimento inicial. *Semina: Ciências Agrárias*, 28:355-364.
- Prado, R. M., Natale, W., Mouro, M. C. (2007) Fontes de zinco aplicado via semente na nutrição e crescimento inicial do milho cv. Fort. *Bioscience Journal*, 23:16-24.
- Ribeiro, N. D., Santos, O. S., Menezes, N. L. (1994) Tratamento de sementes de milho com fontes de zinco e boro. *Revista Brasileira de Sementes*, 16:116-120.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. (2006) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 235p.
- Silva, F.A.S. *ASSISTAT - Assistência Estatística, versão 7.6*. Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2013.
- Tang, P. M., Fuente, R. K. D. (1986) The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium deficient sunflower hypocotyls segments. *Plant Physiology*, 81:646-650.

- Tavares, L. C., Fonseca, D. A. R., Brunes, A. P., Rufino, C. A., Meneguello, G. E., Barros, A. C. S. A. (2013a) Performance of rice seeds treated with zinc, boron and molybdenum. *Journal of Seed Science*, 35:000-000.
- Tavares, L. C., Rufino, C. A., Brunes, A. P., Friedrich, F. F., Barros, A. C. S. A, Villela, F. A. (2013b) Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. *Journal of Seed Science*, 35:28-34.
- Tavares, L. C., Brunes, A. P., Tunes, L. M., Gadotti, G. I., Barros, A. C. S. A., Villela, F. A. (2013c) The yield and physiological quality of oat seeds subjected to cover with zinc. *Acta Scientiarum*, 35:357-361.
- Tavares, T. M, Siebeneichler, S. C., Leal, T. C. A. B., Terra, T. G. R., Rotili, E., Rahmeier, W. (2013) Growth analysis in seedlings Rice in relation of the seed treatment with mineral nutrients. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4:344-351.
- Teles, T. G. R. M., Carneiro, M. S. S., Soares, I., Pereira, E. S., Souza, P. Z., Magalhães, J. A. (2011) Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 sob efeito de adubação com NPK. *Acta Scientiarum*, 33:137-143.
- Vitor, C. M. T., Fonseca, D. M., Cóser, A. C., Martins, C. E., Nascimento Júnior, D., Ribeiro Júnior, J. I. (2009) Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:435-442.
- Yagi, R., Simili, F. F., Araújo, J. C., Prado, R. M., Sanchez, S. V., Ribeiro, C. E. R., Barretto, V. C. M. (2006) Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:655-660.
- Yamagishi, M., Yamamoto, Y. (1994) Effects of boron on nodule development and symbiotic nitrogen fixation in soybean plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40:165-174.
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., Lin, J. (2003) Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree Physiology*, 23:345-351.
- Wazilewski, W. T., Gomes, L. F. S. (2009) Boro aplicado via semente em girassol. *Cultivando o saber*, 2:137-142.

Tabela 1 – Primeira Contagem de Germinação (PCG) (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TmG) (dias), Germinação (%), Plântulas Anormais (PA) (%) e Sementes Duras (SD) (%) de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com os seguintes tratamentos: T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio; T3- 80 g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes.

Tratamento	PCG (%)	IVG	TmG (dias)	G (%)	PA (%)	SD (%)
1	51 a	16,88 a	2,51 a	75 a	3 a	4 a
2	28 b	15,55 a	2,54 a	66 b	7 ab	1 a
3	33 b	14,86 ab	2,77 a	63 b	10 b	2 a
4	29 b	13,12 b	2,81 a	59 b	7 ab	4 a
5	9 c	12,55 b	3,20 a	44 c	25 c	4 a
6	0 c	6,45 c	3,67 a	23 d	24 c	1 a
Média	24,8	13,23	2,91	55	12,7	2,5
CV (%)	30,58	11,19	32,74	7,72	29,90	93,33

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan (p<0,05).

Tabela 2 – Emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), área foliar (AF) (cm²), número de nódulos por planta (NN), massa fresca da parte aérea (MFPA) (mg planta⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA) (mg planta⁻¹), massa fresca da raiz (MFR) (mg planta⁻¹) e massa seca da raiz (MSR) (mg planta⁻¹) de plantas de estilosantes cv. Campo Grande oriundas de sementes recobertas com os seguintes tratamentos T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com silicato de cálcio; T3- 80 g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes.

Tratamento	E (%)	IVE	TmE (dias)	CPA (cm)	CR (cm)	AF (cm ²)	NN	MFPA (mg/pl)	MSPA (mg/pl)	MFR (mg/pl)	MSR (mg/pl)
1	76 a	7,03 b	6,24 b	2,74 d	14,50 cd	0,41 c	6 bc	134,55 b	71,25 a	98,30 c	84,95 b
2	72 a	8,95 a	4,71 a	2,95 cd	17,42 b	0,49 ab	6 bc	159,40 a	77,89 a	116,30 a	96,75 a
3	55 b	5,99 b	5,41 ab	3,13 ab	17,05 bc	0,51 ab	7 ab	156,15 a	77,90 a	111,40 ab	87,25 ab
4	60 b	7,00 b	4,79 a	3,41 a	22,56 a	0,53 a	8 a	137,45 b	58,00 b	112,35 ab	76,25 b
5	57 b	6,81 b	5,00 a	3,36 ab	18,74 b	0,43 bc	3 d	131,80 b	71,35 a	99,90 c	78,40 b
6	50 b	5,72 b	4,98 a	3,04 bc	13,90 d	0,50 ab	4 d	143,45 ab	71,40 a	104,35 bc	83,55 b
Média	61,5	6,92	5,19	3,11	17,36	0,48	5,66	143,80	71,28	107,10	84,53
CV (%)	11,56	16,03	11,88	15,71	24,48	27,52	41,80	17,37	26,07	13,84	20,38

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

3.4- Potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum em resposta ao recobrimento com zinco e boro

RESUMO

A preocupação na melhoria da produtividade forrageira tem aumentado cada vez mais e, com isso, a utilização de micronutrientes na agricultura vem ganhando destaque. Dessa forma, o recobrimento de sementes é uma alternativa para a aplicação de micronutrientes com maior uniformidade de distribuição, melhor aproveitamento pela planta e baixo custo de aplicação. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum em resposta ao recobrimento com zinco e boro. As fontes dos micronutrientes foram sulfato de zinco (Zn) e ácido bórico (B). Os tratamentos constaram de: T1– sementes não recobertas; T2– 0 g de B + 0 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T3– 80 g de B + 60 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T4– 120 g de B + 90 g de Zn kg⁻¹ de sementes; T5– 160 g de B + 120 g de Zn kg⁻¹ de sementes e; T6– 200 g de B + 150 g de Zn kg⁻¹ de sementes. Além dos micronutrientes, as sementes foram recobertas com calcário + carvão vegetal e solução de água + cola PVA. As sementes foram avaliadas por meio do teste de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG), pelo teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), área foliar (AF), número de nódulos (NN) e massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e da raiz (MFR e MSR). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, porém, para a avaliação de E, IVE e TmE foi empregado um delineamento em blocos ao acaso, ambos os delineamentos com quatro repetições de 50 sementes. Os tratamentos prejudicaram a qualidade fisiológica das sementes em testes de laboratório, no entanto, as maiores doses de micronutrientes não afetaram a emergência das plantas. A adição dos micronutrientes não prejudicou o CR, NN, MFR e MSR, enquanto o Tratamento 4 acarretou em maior CPA e AF.

Palavras-chave: Fabaceae, drageadora, germinação, emergência, zinco, boro

ABSTRACT

The concern in improving forage productivity has increasingly increased and, therefore, the use of micronutrients in agriculture has been gaining attention. Thus, the seed coating is an alternative to the application of micronutrients with greater uniformity distribution, better utilization by the plant and low cost of application. Thus, the aim of this work was to evaluate the physiological potential of perennial soybean cv. Common seeds in response to coating with zinc and boron. The sources of micronutrients were zinc sulfate (Zn) and boric acid (B). The treatments were: T1- uncoated seeds; T2- 0 g of B + 0 g of Zn kg⁻¹ seeds; T3- 80 g of B + 60 g of Zn kg⁻¹ seeds; T4- 120 g of B + 90 g of Zn kg⁻¹ seeds; T5- 160 g of B + 120 g of Zn kg⁻¹ seeds and; T6- 200 g of B + 150 g of Zn kg⁻¹ seeds. Besides the micronutrients, the seeds were coated with lime + activated charcoal and water solution + PVA glue. The seeds were evaluated by germination test, germination speed index (GSI) and mean germination time (MGT), the emergence test, emergence speed index (ESI), mean emergence time (MET) shoot length (SL) and root (RL), leaf area (LA), number of nodes (NN) and fresh and dry weight of shoots (SFW and SDW) and root (RFW and RDW). A completely randomized design was carried out, however, to evaluate emergence, ESI and MET a randomized block design was used, both designed with four replications of 50 seeds. The treatments damaged the physiological quality of seeds in laboratory tests, however, higher doses of micronutrients did not affect plant emergence. The addition of micronutrients did not damage the RL, NN, RFW and RDW, while the treatment 4 resulted in higher SL and LA.

Keywords: Fabaceae, coating machine, germination, emergence, zinc, boron

INTRODUÇÃO

A prática da adubação tem se tornado imprescindível na formação, manutenção e recuperação das pastagens (Bonfim-Silva e Monteiro, 2006). Desta forma, para garantir a sustentabilidade das pastagens cultivadas, bem como a sua produtividade, qualidade e persistência, o uso de técnicas de adubação surge como alternativas viáveis na produção forrageira (Teles et al., 2011).

Neste contexto, os micronutrientes vêm ganhando destaque, dentre os nutrientes requeridos pelas plantas, principalmente no que diz respeito às limitações impostas ao desenvolvimento das culturas, quando há deficiência destes elementos e, ao aumento da produtividade e qualidade, quando estes são fornecidos em um nível adequado às plantas. Além disso, o suprimento adequado desses nutrientes favorece o uso eficiente de fertilizantes com nitrogênio e fósforo pelas plantas (Kirkby e Römheld, 2007).

Os micronutrientes caracterizam-se pela absorção em pequenas quantidades pelas plantas (da ordem de alguns miligramas por quilograma de matéria seca da planta). Isto se deve ao fato de que eles participam da constituição de enzimas ou atuam como seus ativadores, ao contrário dos macronutrientes que participam da estrutura das plantas (Dechen e Nachtigall, 2006b).

Dentre os micronutrientes, o boro e o zinco são os que, mais frequentemente, propiciam deficiência nas culturas nos solos das regiões tropicais e, por isso, têm merecido grande relevância (Faquin, 2005).

Dentre as funções do boro destaca-se o importante papel na translocação de açúcares (Gauch e Dugger Jr., 1953), participação no florescimento e crescimento do tubo polínico (Wang et al., 2003; Chagas et al., 2010), além da formação da parede celular da planta, regulando a síntese e a estabilidade de constituintes da parede celular (Hu e Brown, 1994), incluindo a membrana plasmática (Malavolta, 2006), participa, ainda, dos processos de divisão e alongamento celular (Kouchi e Kumazawa, 1976; Cohen e Lepper Jr., 1977); do transporte de auxinas (Tang e Fuente, 1986) e; da síntese da base nitrogenada uracila, componente do RNA, logo, sua deficiência afeta a síntese de ácido nucleico e, conseqüentemente, a síntese de proteínas (Faquin, 2005). Além disso, exerce um papel importante na fixação biológica de nitrogênio, pois

protege a enzima nitrogenase de danos causados pela toxidez de espécies de O_2 , como O_2^- e H_2O_2 (Azevedo et al., 2002; Malavolta, 2006).

Da mesma forma, o zinco desempenha importantes funções no metabolismo das plantas, dentre elas a principal é a de componente e ativador enzimático (Faquin, 2005), sendo essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura proteica ou uma combinação destas (Dechen e Nachtigall, 2006b). Entretanto, é fato que o Zn está envolvido, no metabolismo de auxinas, particularmente, do ácido indolacético (AIA) (Faquin, 2005; Kirkby e Römheld, 2007; Alloway, 2008).

Uma vez que os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, o recobrimento de sementes com micronutrientes torna-se uma alternativa pertinente de fornecimento destes, pois proporciona uma melhor uniformidade de distribuição, reduz as perdas, apresenta menores custos de aplicação, além de melhorar a emergência e o estabelecimento das plântulas (Lopes, 1999; Wazilewski e Gomes, 2009; Farooq et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o potencial fisiológico de sementes de soja perene cv. Comum em resposta ao recobrimento com zinco e boro.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Setor de Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) e na Unidade de Apoio à Pesquisa, ambos pertencentes à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Foram utilizadas sementes comerciais de *Neonotonia wightii* cv. Comum, as quais foram previamente submetidas à escarificação manual entre duas folhas de lixa ferro número 36.

Foi utilizado como material de enchimento calcário dolomítico e carvão vegetal ativado e, como material cimentante foi utilizada uma solução de água e cola cascorez extra à base de acetato de polivinila (PVA).

As doses dos micronutrientes seguiram a recomendação de Malavolta (1980), para fabáceas forrageiras. A partir dessa recomendação foram estabelecidos os seguintes tratamentos com micronutrientes: T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal; T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes.

A proporção entre os materiais de enchimento, calcário e carvão vegetal, e as sementes empregada foi de 3:1 (p/p) e 0,08:1 (p/p), respectivamente. A cola à base de PVA foi diluída em água, previamente aquecida a 70 °C (Mendonça et al., 2007), na proporção de 1:1 (v/v) para a utilização como solução cimentante. A quantidade de calcário e carvão vegetal foi dividida em porções de 12,5 g e 2 g cada, para que a aplicação dos materiais de enchimento pudesse ser feita em camadas. Por outro lado, as porções de micronutrientes, previamente estabelecidas, foram adicionadas de uma só vez na sexta camada de recobrimento, seguindo a ordem do sulfato de zinco seguido pelo ácido bórico.

Foi utilizada, no processo de recobrimento, uma drageadora de bancada, modelo N10 Newpack equipada com cuba em aço inox, bico para aplicação de material cimentante acionado por ar comprimido à pressão de 4 bar, soprador de ar quente e temporizador para regular o tempo de duração do spray e do soprador. Essas peças foram reguladas para funcionar da seguinte maneira: velocidade da cuba de 90 rpm, tempo de duração do spray de solução cimentante de 1 segundo, temperatura do soprador de ar de 40 °C e tempo de duração do soprador ligado de 1 minuto.

O procedimento para deposição dos materiais em camadas se deu da seguinte forma: as sementes foram postas dentro da cuba da drageadora juntamente com uma porção de material de enchimento, calcário. Em seguida, o spray de solução cimentante foi acionado três vezes consecutivas e, novamente, foi adicionado uma porção de material de enchimento sobre a massa de sementes, seguido por mais uma aplicação de solução cimentante. Posteriormente, o soprador de ar (40 °C) foi acionado por 1 minuto. Este procedimento correspondeu a uma camada de recobrimento e foi efetuado até que a quantidade de material de enchimento acabasse. A camada com carvão ativado foi adicionada após a terceira camada com calcário. O estabelecimento desta ordem se deu em função da granulometria do carvão. Deve-se dar preferência

para a utilização de materiais de granulometria mais fina, em camadas mais próximas ao núcleo do pélete e, materiais de granulometria mais grossa, como a areia, em camadas mais externas, a fim de que não haja a formação de péletes vazios. Uma vez que as partículas dos materiais de granulometria mais grossa são mais pesadas, estas podem não se agregar às sementes, no entanto, à medida que as camadas de recobrimento vão sendo depositadas na superfície das sementes há um aumento tanto da superfície de contato quanto do peso dessas sementes, o que facilita o emprego desses materiais. Todavia, nas camadas finais de recobrimento deve-se optar, novamente, pelo uso de materiais mais finos, de modo a promover um bom acabamento ao recobrimento, bem como uma superfície lisa e uniforme (Silva e Nakagawa, 1998).

Após o recobrimento, as sementes foram avaliadas quanto às características fisiológicas, em laboratório e casa-de-vegetação. Em laboratório, as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de germinação em papel, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG). Em casa-de-vegetação, as características fisiológicas foram avaliadas por meio do teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), área foliar (AF), número de nódulos (NN), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSR) e massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR).

Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido segundo modificação das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) com quatro repetições de 50 sementes cada, para cada tratamento. As sementes foram semeadas em gerbox contendo duas folhas de papel para germinação umedecidas com água deionizada no volume de 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram mantidas, por 10 dias, em câmara de germinação do tipo BOD com fotoperíodo de 16/8 horas (escuro/luz) e temperatura alternada de 20/30 °C, sendo 16 horas a 20 °C e 8 horas a 30 °C. As avaliações foram realizadas aos 4 e 10 dias após o início do teste (1ª contagem e contagem final do teste de germinação, respectivamente), computando-se o número de plântulas normais, plântulas anormais e

sementes não germinadas de acordo com os critérios estabelecidos por Brasil (2009), e os resultados expressos em porcentagem.

Ao longo do teste foram realizadas contagens diárias para a determinação, ao final, do índice de velocidade de germinação (IVG), pela fórmula proposta por Maguire (1962) e, o tempo médio de germinação (TmG), de acordo com Edmond e Drapala (1958). Para a variável IVG, valores mais altos expressam melhores resultados, ou seja, as sementes germinam mais rapidamente. Por outro lado, para TmG valores mais baixos exprimem melhores resultados, ou seja, a germinação máxima das sementes é atingida em um intervalo de tempo menor.

Teste de emergência

Foi conduzido em casa-de-vegetação e estabelecido em bandejas plásticas, com capacidade de 2,2 litros de substrato, contendo uma mistura de areia e solo (2:1) (v/v), onde as sementes foram semeadas. Foram realizadas contagens diárias do número de plantas emergidas por um período de 30 dias. Ao final, foram determinados o percentual de emergência (%E), o índice de velocidade de emergência (IVE), segundo fórmula adaptada de Maguire (1962), e o tempo médio de emergência (TmE), segundo adaptação de Edmond e Drapala (1958).

Para o restante das avaliações, as plantas foram mantidas em casa-de-vegetação por um período total de 47 dias. Ao final, as plantas foram retiradas cuidadosamente das bandejas e tiveram suas raízes devidamente lavadas para, então, ser analisadas pelo equipamento SAS (Sistema de Análise de Sementes), o qual forneceu, por meio do seu programa, os dados referentes ao comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR) e número de nódulos (NN). Para a obtenção da área foliar, todas as plantas tiveram suas folhas, completamente expandidas, destacadas e analisadas pelo equipamento SAS. Posteriormente, a parte aérea foi separada da raiz e ambas foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR). Em seguida, os sacos foram mantidos em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) (Silva e Queiroz, 2006).

Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado um modelo de delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, para as variáveis: primeira contagem de germinação (PCG), percentual de germinação (G), de plântulas anormais (PA) e sementes duras (SD), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG). Para as variáveis percentual de emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE) foi utilizado um modelo de delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições de 50 sementes cada. Para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR) e massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e raiz (MFR e MSR), área foliar (AF) e número de nódulos (NN) foi utilizado um modelo de delineamento inteiramente casualizado com 20 repetições, onde cada planta constituiu em uma repetição.

Os dados relativos a PCG e PA foram transformados para arcoseno $(x/100)^{1/2}$, enquanto que, os dados de CPA foram transformados para $1/\sqrt{x}$ e os de CR para \sqrt{x} , por não atenderem aos requisitos de homogeneidade de variância e normalidade. Após a transformação, os requisitos foram atendidos e, então se procedeu à análise de variância dos dados, entretanto, os valores apresentados são referentes aos dados originais.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Duncan ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do software gratuito Assistência Estatística (ASSISTAT) 7.6 beta (Silva, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos em laboratório foi possível observar que, todos os tratamentos que envolveram o recobrimento das sementes, independente da adição ou não dos micronutrientes, afetaram negativamente a primeira contagem de germinação (PCG), o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TmG) e o percentual de germinação (G) (Tabela 1). Esses resultados contrariam

aqueles, normalmente, verificados na literatura para o recobrimento com micronutrientes.

Para sementes de arroz BRS 7 Taim recobertas com Zn, Funguetto (2007b) observou um efeito linear positivo na PCG em função do aumento das doses avaliadas. O mesmo foi verificado para a cultivar IRGA 417, porém nesta o efeito foi positivo até a dose de 0,57 g de Zn kg⁻¹ de sementes. Por outro lado, não foi possível verificar diferença na PCG de sementes de arroz recobertas com um produto a base de Zn, B e Mo (Tavares et al., 2013a), da mesma forma que para sementes de trigo recobertas com dois produtos a base de micronutrientes, um composto por Zn e outro por Zn, B e Mo (Tavares et al., 2013b). Os autores observaram diferença apenas entre os produtos, onde aquele constituído por Zn, B e Mo proporcionou percentuais menores em relação ao produto composto apenas por Zn. Entretanto, para sementes de aveia os mesmos produtos não diferiram entre si e não promoveram diferença na PCG (Tavares et al., 2013c).

Cabe ressaltar que, no presente trabalho as fontes de micronutrientes utilizadas foram sais, os quais interferem no potencial hídrico do recobrimento reduzindo, conseqüentemente, o gradiente de potencial hídrico entre o recobrimento e a semente, o que diminui a velocidade de absorção de água e, por conseguinte, a velocidade de germinação e germinação das sementes. Da mesma forma, o material de enchimento empregado, o calcário, também se caracteriza por ser um sal, portanto, a adição dos micronutrientes a este recobrimento pode ter potencializado esse efeito osmótico, ocasionando nos piores resultados para as características mencionadas acima, principalmente nos tratamentos constituídos pelas maiores doses de micronutrientes (Tratamentos 5 e 6).

De modo geral, quando se avalia o uso de doses de micronutrientes no recobrimento das sementes, espera-se observar um efeito quadrático positivo na resposta das variáveis analisadas. Esse efeito foi constatado na germinação de sementes de melancia recobertas com diferentes doses de Zn, onde a dose de máxima eficiência foi de 0,95 g de Zn kg⁻¹ de sementes e, a partir de então houve um efeito deletério das doses sobre a germinação (Ohse et al., 2012). Como os micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades, a faixa entre a dose ideal e a tóxica é muito pequena, o que pode explicar os resultados obtidos para os Tratamentos 5 e 6 (T5- 160

g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes).

Em contrapartida, diversos autores relataram não haver diferença entre doses de Zn, B ou da mistura de ambos na germinação de sementes (Ohse et al., 2000; Masuthi et al., 2009; Funguetto et al., 2010; Ohse et al., 2012; Tunes et al., 2012; Tavares et al., 2013a; Tavares et al., 2013b; Tavares et al., 2013c; Oliveira et al., 2014; Arjmand et al., 2014). No entanto, em oposição a esses trabalhos, as doses de micronutrientes empregadas no presente trabalho foram superiores às utilizadas por esses autores. Além disso, a queda na porcentagem final de germinação observada corrobora com a hipótese de que esses micronutrientes, assim como o material de enchimento, exercem influência no potencial hídrico do recobrimento reduzindo a velocidade de absorção de água pelas sementes, em razão da concorrência por água entre a semente e o recobrimento.

Apesar de os tratamentos terem exercido uma influência negativa sobre a velocidade e o tempo de germinação, assim como no seu percentual, o mesmo não foi verificado para plântulas anormais (PA) e sementes duras (SD) (Tabela 1). Ohse et al. (2000), por outro lado, obtiveram maior percentual de PA de trigo quando as sementes foram recobertas com B. Quando este foi associado ao Zn, esta combinação propiciou o aumento de PA em relação ao uso deste último isoladamente, o que não foi observado neste trabalho.

Em relação ao percentual de SD, os resultados obtidos corroboram com os esperados, uma vez que essa espécie é caracterizada por apresentar dormência tegumentar. Logo, esses resultados confirmam que a escarificação mecânica, exercida sobre as sementes antes do processo de recobrimento, foi eficaz na quebra dessa dormência.

No que diz respeito à avaliação em casa-de-vegetação, os tratamentos apresentaram um comportamento diferente daquele observado para germinação em relação ao percentual de emergência (Tabela 2). De acordo com os resultados, o Tratamento 5 (T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) proporcionou percentuais semelhantes aos encontrados para o Tratamento 1 (controle), todavia, os Tratamentos 4 e 6 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não diferiram deste. Neste caso, o uso de doses maiores de

micronutrientes no recobrimento pode ter favorecido a emergência das plantas, visto que sementes que receberam o Tratamento 2 (sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal) apresentaram os menores percentuais. Tavares et al. (2013c) relataram um aumento na emergência de plantas de aveia com o aumento das doses de Zn no recobrimento. O mesmo foi observado para cevada (Arjmand et al., 2014), entretanto, os autores afirmaram que esse efeito ocorre somente até a dose de máxima eficiência e, a partir de então os percentuais começam a diminuir.

Semelhante ao que foi constatado no teste em câmara de germinação, os tratamentos promoveram um atraso na emergência das plantas, o que pode ser confirmado pelos resultados de índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TmE) (Tabela 2). Esses resultados estão relacionados aos percentuais de emergência citados anteriormente, onde o Tratamento 2 (sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal) resultou na menor velocidade (1,86) e, conseqüentemente, menor emergência (25%). Para o TmE, os tratamentos com maiores doses de micronutrientes (Tratamentos 4, 5 e 6 - T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) promoveram maior tempo para a emergência das plantas (7,93; 8,51 e 8,25), entretanto, os Tratamentos 2 e 3 (T2- sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal e T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes), constituídos pelo emprego somente de material de enchimento e a menor dose dos micronutrientes, respectivamente, não diferiram dos mesmos.

Apesar de os tratamentos com micronutrientes terem promovido um atraso na emergência das plantas, foi possível observar um efeito positivo dos mesmos nas características biométricas analisadas (Tabela 2). O maior comprimento da parte aérea (CPA) (3,84 cm) foi observado para plantas provenientes do Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes), enquanto que, o Tratamento 1 (controle) proporcionou os menores valores (2,10 cm), diferença esta que promoveu um aumento de 83% no CPA para plantas oriundas do Tratamento 4, porém os Tratamentos 2, 5 e 6 (T2- sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não diferiram do controle. Em contrapartida, não foi possível verificar diferença entre os tratamentos

para o comprimento de raiz (CR). No entanto, é importante ressaltar que, independente de não ter havido diferença, sementes recobertas com o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) originaram plantas com o maior valor de CR (14,48 cm), o que representou um incremento de 18% em relação àquelas providas de sementes não recobertas (Tratamento 1).

Esses efeitos podem estar relacionados às importantes funções exercidas pelo Zn no metabolismo das plantas, como por exemplo, a sua participação na síntese do triptofano, o qual parece ser o precursor da biossíntese do ácido indolacético (AIA), que é o principal hormônio promotor do crescimento em plantas (Faquin, 2005; Kirkby e Römheld, 2007; Alloway, 2008). Contudo, os resultados observados podem, também, ser decorrentes da ação conjunta de ambos os micronutrientes avaliados, visto que o B exerce um importante papel na formação da parede celular das plantas, bem como na regulação da síntese e estabilidade de seus constituintes (Hu e Brown, 1994) além de, participar dos processos de divisão e alongamento celular (Kouchi e Kumazawa, 1976; Cohen e Lepper Jr., 1977), o que o torna essencial para o desenvolvimento das raízes e dos pontos de crescimento.

Alguns autores relataram um efeito positivo do aumento de doses de Zn, B ou de ambos no CPA e no CR até uma dose de máxima eficiência, onde a partir de então os efeitos se tornaram negativos (Funguetto, 2007b; Masuthi et al., 2009; Funguetto et al., 2010; Ohse et al., 2012; Tavares et al., 2013a). Segundo os autores isto pode estar relacionado tanto a um efeito antagônico, entre esses micronutrientes, quanto a uma inibição causada pela toxicidade por Zn acarretando na inibição do alongamento celular, principalmente, o radicular. No entanto, esses efeitos não foram observados neste trabalho, uma vez que a aplicação conjunta de Zn e B promoveu maiores valores de CPA que o controle, o que não caracterizou um efeito antagônico dos mesmos e, não se verificou diferença entre os tratamentos no CR e, portanto, não pode-se afirmar que houve algum problema de toxicidade por Zn.

Como mencionado acima, o B desempenha uma importante função no alongamento e na divisão celular, visto que a deficiência deste nutriente acarreta em uma diminuição drástica da plasticidade da parede celular e, conseqüentemente, ao desenvolvimento anormal de suas estruturas. Em relação às partes da planta, as raízes são mais sensíveis à deficiência de B e, por isso, as respostas mais rápidas a essa deficiência são a inibição ou o cessamento do alongamento radicular (Dell e Huang,

1997). De maneira semelhante, plantas submetidas a níveis tóxicos de B apresentam redução na divisão de células da raiz e, portanto, no crescimento radicular (Camacho-Cristóbal et al., 2008). Provavelmente, os resultados referentes ao CR não diferiram entre si, em virtude do conteúdo desse micronutriente presente na semente ter sido capaz de suprir as necessidades primordiais da planta no início do seu desenvolvimento. Além disso, as doses avaliadas não se mostraram tóxicas a ponto de inibir o crescimento das raízes. Esses resultados sugerem a avaliação mais prolongada de plantas oriundas de sementes recobertas com esse micronutriente, a fim de se observar possíveis efeitos significativos para o CR.

Os melhores resultados de área foliar (AF) foram verificados para o Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) (Tabela 2), o que já era de se esperar, visto que o maior comprimento da parte aérea implica em maior desenvolvimento de folhas e, conseqüentemente, maior AF. Essa relação entre o tamanho da parte aérea e a área foliar também foi relatada para plantas de trigo e aveia provenientes de sementes recobertas com Zn + B + Mo e Zn, respectivamente (Tavares et al., 2013b; Oliveira et al., 2014).

Em relação ao número de nódulos (NN) constatou-se que, todos os tratamentos em que houve a adição do recobrimento, seja ele constituído por micronutrientes ou não, promoveram maior NN, chegando a 167% de aumento, entretanto, o Tratamento 6 (T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) não diferiu do controle (Tratamento 1) (Tabela 2).

O fornecimento de nitrogênio para as pastagens por meio das fabáceas forrageiras, como a soja perene, vai depender do estabelecimento de uma eficiente relação simbiótica entre a fabácea e a bactéria fixadora de nitrogênio (Carvalho e Pires, 2008) e, o boro desempenha um papel fundamental nessa associação (Bolaños et al., 1994). Como mencionado anteriormente, o B é crucial para o desenvolvimento das raízes, no entanto esse micronutriente também é essencial na formação de nódulos nas raízes das fabáceas (Bonilla et al., 1997). O processo de fixação biológica de nitrogênio é caracterizado por sua ocorrência em condições anaeróbicas, em virtude da sensibilidade ao oxigênio pela enzima nitrogenase, responsável pelo processo. Entretanto, o oxigênio necessário à respiração celular deve ser controlado de tal forma que não haja o comprometimento da atividade enzimática (Faquin, 2005). Uma vez que o B exerce influência na formação da parede celular das plantas, bem como na

regulação da síntese e estabilidade de seus constituintes, a relação entre a membrana da fabácea e a da bactéria está intimamente ligada a esse micronutriente, tendo em vista que o mecanismo para controlar essa quantidade de oxigênio esteja relacionado à atuação do boro na parede celular (Bolaños et al., 1996). Portanto, o suprimento adequado deste micronutriente está diretamente relacionado ao funcionamento da barreira imposta, pela parede celular, em controlar a difusão de oxigênio do lado de fora da zona infectada pelo nódulo e a atividade enzimática (Yamagishi e Yamamoto, 1994).

A maior massa fresca da parte aérea (MFPA) foi verificada para plantas originadas do Tratamento 4 (T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) (Tabela 2), o que corrobora com os resultados obtidos para CPA e AF, no entanto, os demais tratamentos, onde houve recobrimento das sementes, não mostraram diferença em relação a este. Em contrapartida, o mesmo não foi verificado para a massa seca da parte aérea (MSPA), onde o Tratamento 4 propiciou os menores valores, não diferindo, porém, dos Tratamentos 1, 2 e 3 (T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal e; T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes) (Tabela 2). Isto pode estar relacionado a uma melhor eficiência fotossintética por plantas com menor área foliar (Tratamentos 5 e 6) o que, conseqüentemente, acarretou em melhor capacidade de interceptar energia luminosa e CO_2 para a produção de massa seca, em relação às plantas com maior área foliar (Tratamento 4). Efeito semelhante foi observado por Tavares et al. (2013) para plantas de arroz provenientes de sementes recobertas com zinco, boro, molibdênio e enxofre.

No que se refere à massa fresca de raiz (MFR), os resultados obtidos estão de acordo com os observados para o CR, onde não houve diferença significativa entre os tratamentos empregados (Tabela 2). Por outro lado, os maiores valores de massa seca de raiz (MSR) foram constatados em plantas provenientes do Tratamento 6 (T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes), no entanto este não diferiu dos Tratamentos 2, 3, 4 e 5 (T2- sementes recobertas apenas com calcário e carvão vegetal; T3- 80g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes). Resultados similares também foram relatados para plantas de arroz e sorgo provenientes de sementes

recobertas com Zn, plantas de girassol oriundas do recobrimento de sementes com B e plantas de arroz originadas de sementes recobertas com Zn, B e Mo (Ohse et al., 1997; Prado e Mouro, 2007; Wazilewski e Gomes, 2009; Tavares et al., 2013a). Alguns autores observaram uma redução na MSR de plantas formadas a partir de sementes recobertas com Zn e atribuíram isto a um efeito fitotóxico induzido por altas concentrações desse micronutriente promovendo uma redução no alongamento da raiz e, conseqüentemente, menores valores de MSR (Yagi et al., 2006; Prado et al., 2008; Ohse et al., 2012), o que não foi verificado no presente trabalho.

Apesar de os tratamentos terem prejudicado a qualidade fisiológica das sementes em testes de laboratório, a partir dos resultados obtidos em casa-de-vegetação pode-se inferir que os tratamentos com revestimento e micronutrientes se destacaram do controle e se mostraram promissores no recobrimento de sementes de soja perene cv. Comum.

CONCLUSÕES

O recobrimento de sementes de soja perene com calcário + carvão vegetal acrescido de Zn e B prejudicou a qualidade fisiológica das sementes em testes de laboratório.

Todos os tratamentos acrescidos de Zn e B promoveram atrasos na velocidade de germinação das sementes, porém os tratamentos acrescidos das maiores doses de Zn e B não afetaram a emergência das plantas.

O tratamento acrescido de 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes ao recobrimento proporcionou maiores valores de comprimento da parte aérea e área foliar.

A adição de Zn e B ao recobrimento não prejudicou o comprimento da raiz, o número de nódulos e a massa fresca e seca da raiz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, B. J. (2008) *Zinc in soils and crop nutrition*. 2 ed. Bruxelas: International Zinc, 135p.
- Arjmand, H. S., Abarghoeei, G. H. B., Ghorbanpour, M., Sharafi, S. (2014) Effect of zinc coated during storage in the seed quality of barley. *International Journal of Farming and Allied Science*, 3:845-850.
- Azevedo, W. R., Faquin, V., Moreira, F. M. S., Oliveira Jr., A. C., Lisboa, C. C. (2002) Efeito do boro na nodulação da ervilha cultivada em solos de várzea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1137-1143.
- Bolaños, L., Esteban, E., Lorenzo, C., Fernández-Pascual, M., Felipe, M. R., Gárate, A., Bonilla, I. (1994) Essentiality of boron for symbiotic dinitrogen fixation in pea (*Pisum sativum*) rhizobium nodules. *Plant Physiology*, 104:85-90.
- Bolaños, L., Brewin, N. J., Bonilla, I. (1996) Effects of boron on *Rhizobium*-legume cell-surface interactions and nodule development. *Plant Physiology*, 110:1249-1256.
- Bonfim-Silva, E. M., Monteiro, F. A. (2006) Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35:1289-1297.
- Bonilla, I., Mergold-Villaseñor, C., Campos, M. E., Sánchez, N., Pérez, H., López, L., Castrejón, L., Sánchez, F., Cassab, G. I. (1997) The aberrant cell walls of boron-deficient bean root nodules have no covalently bound hydroxyproline-/proline-rich proteins. *Plant Physiology*, 115:1329-1340.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 399p.
- Camacho-Cristóbal, J. J., Rexach, J., González-Fontes, A. (2008) Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant biology*, 59:247-255.
- Chagas, E. A., Pio, R., Chagas, P. C., Pasqual, M., Bettiol Neto, J. E. (2010) Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. *Ciência Rural*, 40:261-266.
- Cohen, M. S., Lepper Jr., R. (1977) Effect of boron on cell elongation and division in squash roots. *Plant Physiology*, 59:884-887.
- Dechen, A. R., Nachtigall, G. R. (2006b) Micronutrientes. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 327-354.

- Dell, B., Huang, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*, 193:103-120.
- Edmond, J.B, Drapala, W.J. (1958) The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:428-434.
- Faquin, V. (2005) *Nutrição mineral de plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 179p.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. (2012) Micronutrient application through seed treatments – a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12:125-142.
- Funguetto, C. I. (2007b) Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco e polímero. *Norte Científico*, 2:80-92.
- Funguetto, C. I., Pinto, J. F., Baudet, L., Peske, S. T. (2010) Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, 32:117-123.
- Gauch, H. G., Dugger Jr., W. M. (1953) The role of boron in the translocation of sucrose. *Plant Physiology*, 28:457-466.
- Hu, H., Brown, P. H. (1994) Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. *Plant Physiology*, 105:681-689.
- Lopes, A. S. (1999) *Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma*. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) – São Paulo – Boletim Técnico, 8, 58p.
- Kirkby, E. A., Römheld, V. (2007) *Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade*. Encarte Técnico, Informações Agrônomicas 118. INPI, 24p.
- Kouchi, H., Kumazawa, K. (1976) Anatomical responses of roots tips to boron deficiency: III. Effect of boron deficiency on sub-cellular structure of root tips, particularly on morphology of cell wall and its related organelles. *Soil Science and Plant Nutrition*, 22:53-71.
- Maguire, J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Malavolta, E. (1980) *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 251p.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 631p.
- Masuthi, D. A., Vyakaranahal, B. S., Deshpande, V. K. (2009) Influence of pelleting with micronutrients and botanical on growth, seed yield and quality of vegetable cowpea. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22:898-900.

- Mendonça, E.A F., Carvalho, N.M., Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh₂) *Revista Brasileira de Sementes*, 29:68-79.
- Ohse, S., Santos, O. S., Menezes, N. L., Schmidt, D. (1997) Efeito de fontes e doses de zinco sobre a germinação e o vigor de sementes de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Sementes*, 19:369-373.
- Ohse, S., Marodim, V., Santos, O. S., Lopes, S. J., Manfron, P. A. (2000) Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Uruguiana*, 7/8:41-50.
- Ohse, S., Rezende, B. L. A., Lisik, D., Otto, R. F. (2012) Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:282-292.
- Oliveira, S., Tavares, L. C., Lemes, E. S., Brunes, A. P., Dias, I. L., Meneghello, G. E. (2014) Tratamento de sementes de *Avena sativa* L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. *Semina: Ciências Agrárias*, 35:1131-1142.
- Prado, R. M., Mouro, M. C. (2007) Fontes de zinco aplicado em sementes de sorgo cv. BRS 310 e o crescimento inicial. *Semina: Ciências Agrárias*, 28:355-364.
- Prado, R., Romualdo, L. M., Rozane, D. E., Vidal, A. A., Marcelo, A. V. (2008) Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho BRS 1001. *Bioscience Journal*, 24:67-74.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. (2006) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 235p.
- Silva, F.A.S. (2013) *ASSISTAT - Assistência Estatística*, versão 7.6. Universidade Federal de Campina Grande – PB.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998a) Metodologia para avaliação de materiais cimentantes para peletização de sementes. *Horticultura Brasileira*, 16:31-37.
- Tang, P. M., Fuente, R. K. D. (1986) The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium deficient sunflower hypocotyls segments. *Plant Physiology*, 81:646-650.
- Tavares, L. C., Fonseca, D. A. R., Brunes, A. P., Rufino, C. A., Meneguello, G. E., Barros, A. C. S. A. (2013a) Performance of rice seeds treated with zinc, boron and molybdenum. *Journal of Seed Science*, 35:000-000.
- Tavares, L. C., Rufino, C. A., Brunes, A. P., Friedrich, F. F., Barros, A. C. S. A., Villela, F. A. (2013b) Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. *Journal of Seed Science*, 35:28-34.

- Tavares, L. C., Brunes, A. P., Tunes, L. M., Gadotti, G. I., Barros, A. C. S. A., Villela, F. A. (2013c) The yield and physiological quality of oat seeds subjected to cover with zinc. *Acta Scientiarum*, 35:357-361.
- Tavares, T. M, Siebeneichler, S. C., Leal, T. C. A. B., Terra, T. G. R., Rotili, E., Rahmeier, W. (2013) Growth analysis in seedlings Rice in relation of the seed treatment with mineral nutrients. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4:344-351.
- Teles, T. G. R. M., Carneiro, M. S. S., Soares, I., Pereira, E. S., Souza, P. Z., Magalhães, J. A. (2011) Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 sob efeito de adubação com NPK. *Acta Scientiarum*, 33:137-143.
- Tunes, L. M., Pedroso, D. C., Tavares, L. C., Barbieri, A. P. P., Barros, A. C. S. A., Muniz, M. F. B. (2012) Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componetes do rendimento e teor de elemento nas sementes. *Ciência Rural*, 42:1141-146.
- Yagi, R., Simili, F. F., Araújo, J. C., Prado, R. M., Sanchez, S. V., Ribeiro, C. E. R., Barretto, V. C. M. (2006) Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:655-660.
- Yamagishi, M., Yamamoto, Y. (1994) Effects of boron on nodule development and symbiotic nitrogen fixation in soybean plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40:165-174.
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., Lin, J. (2003) Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree Physiology*, 23:345-351.
- Wazilewski, W. T., Gomes, L. F. S. (2009) Boro aplicado via semente em girassol. *Cultivando o saber*, 2:137-142.

Tabela 1 – Primeira Contagem de Germinação (PCG) (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TmG), Germinação (%), Plântulas Anormais (PA) (%) e Sementes Duras (SD) (%) de soja perene cv. Comum recobertas com os seguintes tratamentos: T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com calcário + carvão vegetal ativado; T3- 80 g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes.

Tratamento	PCG (%)	IVG	TmG (dias)	G (%)	PA (%)	SD (%)
1	22 a	9,60 a	3,49 a	49 a	8 a	8 a
2	5 bc	4,71 b	5,12 bc	38 b	6 a	7 a
3	7 b	3,99 bc	4,85 b	29 cd	6 a	7 a
4	7 b	4,23 bc	4,85 b	31 c	7 a	7 a
5	3 cd	3,33 cd	5,33 c	26 d	7 a	6 a
6	2 d	3,00 d	5,43 c	19 e	11 a	7 a
Média	7,7	4,81	4,85	32,0	7,5	7,0
CV (%)	32,19	13,12	4,35	9,41	24,25	43,19

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan (p<0,05).

Tabela 2 – Emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) (cm), comprimento da raiz (CR) (cm), área foliar (AF) (cm²), número de nódulos por planta (NN), massa fresca da parte aérea (MFPA) (mg planta⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA) (mg planta⁻¹), massa fresca da raiz (MFR) (mg planta⁻¹) e massa seca da raiz (MSR) (mg planta⁻¹) de plantas de soja perene cv. Comum oriundas de sementes recobertas com os seguintes tratamentos T1- sementes não recobertas; T2- sementes recobertas apenas com calcário + carvão vegetal ativado; T3- 80 g de ácido bórico e 60 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T4- 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes; T5- 160 g de ácido bórico e 120 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes e; T6- 200 g de ácido bórico e 150 g de sulfato de zinco kg⁻¹ de sementes.

Tratamento	E (%)	IVE	TmE	CPA (cm)	CR (cm)	AF (cm ²)	NN	MFPA (mg/pl)	MSPA (mg/pl)	MFR (mg/pl)	MSR (mg/pl)
1	42 a	3,86 a	6,62 a	2,10 c	12,26 a	1,30 b	3 b	166,05 b	56,70 bc	164,35 a	52,60 b
2	25 c	1,86 c	7,65 ab	2,47 bc	13,72 a	1,57 b	8 a	178,30 ab	58,15 bc	149,10 a	64,65 ab
3	27 bc	2,09 bc	7,60 ab	2,62 b	12,96 a	1,49 b	7 a	170,40 ab	54,85 bc	125,30 a	65,35 ab
4	40 ab	2,88 b	7,93 b	3,84 a	14,48 a	2,15 a	6 a	220,90 a	43,90 c	150,30 a	61,05 ab
5	41 a	2,87 b	8,51 b	2,28 bc	14,10 a	1,33 b	7 a	169,65 ab	93,90 a	139,50 a	58,45 ab
6	37 ab	2,50 bc	8,25 b	2,43 bc	14,37 a	1,30 b	5 ab	196,80 ab	65,45 b	168,95 a	68,55 a
Média	35,3	2,68	7,76	2,62	13,65	1,52	6,0	183,68	62,16	149,58	61,78
CV (%)	24,85	22,37	9,77	16,13	12,33	34,36	67,12	41,79	38,00	50,40	29,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A introdução de fabáceas forrageiras em áreas destinadas à pastagem representa incrementos na produtividade, o que infere diretamente nos ganhos relacionados ao animal. No entanto, existem problemas referentes à dificuldade no estabelecimento de pastagens consorciadas, uma vez que essas são mais dinâmicas e imprevisíveis que pastagens em monocultivo. O recobrimento de sementes é uma tecnologia promissora que tem agregado valor às sementes e contribuído para um mercado cada dia mais exigente. Esta técnica permite a incorporação de nutrientes, fungicidas, inseticidas e reguladores de crescimento, além de facilitar o manuseio e a distribuição, no sulco de semeadura, de sementes pequenas, como é o caso das espécies de fabáceas estudadas neste trabalho. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes materiais de enchimento, bem como a incorporação dos micronutrientes zinco e boro ao recobrimento no potencial fisiológico de sementes de estilosantes cv. Campo Grande e de soja perene cv. Comum.

No primeiro experimento, sementes de estilosantes cv. Campo Grande foram recobertas com calcário dolomítico (0,25 mm) + cola a base de PVA; calcário dolomítico (0,25 mm) + areia (0,25 mm) + PVA; calcário dolomítico (0,25 mm) + carvão vegetal ativado + PVA; silicato de cálcio + PVA; silicato de cálcio + areia (0,25 mm) + PVA e; silicato de cálcio + carvão vegetal ativado + PVA, além da utilização de sementes não recobertas. Após o recobrimento, as sementes foram avaliadas, em laboratório, quanto ao teor de água (TA), ao diâmetro máximo (DMA), ao diâmetro mínimo (DMI), ao peso de mil sementes não recobertas e recobertas (PMS), ao teste

de germinação em papel, à primeira contagem de germinação (PCG), ao índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TmG). Em casa-de-vegetação, as avaliações foram feitas por meio do teste de emergência, do índice de velocidade de emergência (IVE), do tempo médio de emergência (TmE), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz (CR), da massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSR) e da massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR). Para os testes em laboratório foi utilizado um modelo de delineamento inteiramente casualizado, enquanto que, para os testes em casa-de-vegetação utilizou-se um modelo de blocos ao acaso. O recobrimento de sementes aumentou o PMS, o DMA e DMI, porém diminuiu seu TA. Os tratamentos em que foram adicionados calcário e/ou areia promoveram aumento no tempo médio de germinação, no entanto, nenhum dos tratamentos prejudicou a germinação final das sementes. Por outro lado, o recobrimento composto por silicato de cálcio se destacou dos demais em função dos maiores incrementos na massa fresca e seca da parte aérea e raiz.

No segundo experimento foram avaliados os mesmos materiais de enchimento e foram realizadas as mesmas avaliações, no entanto, a espécie avaliada foi a soja perene cv. Comum. Da mesma forma que para sementes de estilosantes, o recobrimento de sementes aumentou o PMS, DMA e DMI e diminuiu o TA de sementes de soja perene. Além disso, os recobrimentos afetaram a velocidade e o tempo de germinação, assim como a emergência e a sua velocidade, porém não interferiram na porcentagem de germinação. Os recobrimentos compostos por calcário + areia ou calcário + carvão vegetal ativado promoveram incrementos na massa fresca e seca da parte aérea e raiz das ordens de 38 e 41%, 34 e 43%, 21 e 27% e 74 e 41%, respectivamente, em relação às provenientes de sementes não recobertas.

No terceiro experimento foram avaliadas diferentes doses dos micronutrientes zinco e boro no recobrimento de sementes de estilosantes cv. Campo Grande. Como fontes desses micronutrientes utilizou-se sulfato de zinco e ácido bórico e como material de enchimento silicato de cálcio. Os tratamentos constaram de: T1– sementes não recobertas; T2– 0 g de ácido bórico + 0 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T3– 80 g de ácido bórico + 60 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T4– 120 g de ácido bórico + 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes; T5– 160 g de ácido bórico + 120 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes e; T6– 200 g de ácido bórico + 150 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes. Em seguida, as sementes foram avaliadas por meio

do teste de germinação, do índice de velocidade de germinação (IVG) e do tempo médio de germinação (TmG), pelo teste de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TmE), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), área foliar (AF), número de nódulos (NN) e massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) e da raiz (MFR e MSR). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, porém, para a avaliação da E, IVE e TmE foi empregado um delineamento em blocos ao acaso. O recobrimento com os micronutrientes reduziu e atrasou a germinação das sementes e a emergência das plantas de estilosantes cv. Campo Grande, contudo, o Tratamento constituído por 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes (Tratamento 4) promoveu maior comprimento da parte aérea e raiz, maior área foliar e número de nódulos.

No quarto experimento foram avaliadas as mesmas doses de micronutrientes no recobrimento de sementes de soja perene cv. Comum e foram realizadas as mesmas avaliações, porém o material de enchimento empregado foi calcário + carvão vegetal ativado. Os tratamentos prejudicaram a qualidade fisiológica das sementes em testes feitos em laboratório, porém os tratamentos acrescidos das maiores doses de Zn e B não afetaram a emergência das plantas. O tratamento acrescido de 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes (Tratamento 4) ao recobrimento proporcionou maiores valores de comprimento da parte aérea e área foliar, entretanto, a adição dos micronutrientes ao recobrimento não prejudicou o comprimento da raiz, o número de nódulos e a massa fresca e seca da raiz.

Com base nos resultados acima, conclui-se que:

- O recobrimento de sementes, independente do material de enchimento empregado, aumenta o peso de mil sementes e o diâmetro máximo e mínimo e, reduz o teor de água das sementes recobertas;

- O recobrimento de sementes promove atraso na velocidade de germinação e emergência, principalmente aqueles constituídos por calcário e/ou areia, porém não afetam a germinação final e a emergência;

- O recobrimento não prejudica a massa fresca e seca da parte aérea e raiz e, ainda, promove incrementos nessas características, com destaque para o recobrimento com silicato de cálcio para sementes de estilosantes e, o recobrimento com calcário + areia e calcário + carvão vegetal ativado para sementes de soja perene;

- A adição dos micronutrientes zinco e boro ao recobrimento prejudica a qualidade fisiológica das sementes, de ambas as espécies, em testes de laboratório;

- A adição de 120 g de ácido bórico e 90 g de sulfato de zinco kg^{-1} de sementes ao recobrimento promoveu maior comprimento da parte aérea e raiz, maior área foliar e número de nódulos em plantas de estilosantes e, maior comprimento da parte aérea e área foliar de plantas de soja perene;

- O recobrimento de sementes mostrou ser uma técnica promissora na incorporação de nutrientes em sementes de fabáceas forrageiras abrindo caminho para a agregação de outros produtos melhorando a eficiência de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alleoni, L. R. F., Camargo, O. A. (2000) Boron adsorption in soils from the state of São Paulo, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:413-421.
- Alloway, B. J. (2008) *Zinc in soils and crop nutrition*. 2 ed. Bruxelas: International Zinc, 135p.
- Andrade, C. M. S., Assis, G. M. L., Sales, M. F. L. (2010) Estilosantes Campo Grande: leguminosa forrageira recomendada para solos arenosos do Acre. Embrapa Acre – Rio Branco – AC, *Circular Técnica*, 55, 12p.
- Andreotti, M., Souza, E. C. A., Crusciol, C. A. C. (2001) Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. *Scientia Agricola*, 58:321-327.
- Araújo, A. S. F., Carvalho, E. M. S. (2006) Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Universidade Federal do Piauí, *Comunicado Técnico*, 11:1-4.
- Arjmand, H. S., Abarghoeei, G. H. B., Ghorbanpour, M., Sharafi, S. (2014) Effect of zinc coated during storage in the seed quality of barley. *International Journal of Farming and Allied Science*, 3:845-850.
- Arnon, D. I., Stout, P. R. (1939) The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14:371-375.
- Assmann, J. M. (2009) *Produção de forragem e sementes de trevo branco (Trifolium repens L.) em função de manejos de corte e doses de boro*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Pato Branco – PR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 127p.

- Ávila, M. R., Braccini, A. L., Scapim, C. A., Martorelli, D. T., Albrecht, L. P., Facioli, F. S. (2006) Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28:535-543.
- Awlad, H. M., Chowdhury, M. A. H., Talukder, N. M. (2003) Effect of sulphur and zinc on nodulation, dry matter yield and nutrient content of soybean. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6:461-466.
- Azevedo, W. R., Faquin, V., Moreira, F. M. S., Oliveira Jr., A. C., Lisboa, C. C. (2002) Efeito do boro na nodulação da ervilha cultivada em solos de várzea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1137-1143.
- Barcellos, A. O., Andrade, R. P., Zoby, J. L. F., Vilela, L. (2001) Bancos de proteína de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão: maneira simples e de baixo custo para fornecer proteína ao gado na seca. Embrapa Cerrados – Planaltina – DF, *Circular Técnica*, 14, 6p.
- Baudet, L., Peres, W. (2004) Recobrimento de sementes. *Seed News*, 8:20-23.
- Bays, R., Baudet, L., Henning, A. A., Lucca Filho, O. (2007) Recobrimento de sementes de soja com micronutrientes, fungicida e polímero. *Revista Brasileira de Sementes*, 29:60-67.
- Bolaños, L., Esteban, E., Lorenzo, C., Fernández-Pascual, M., Felipe, M. R., Gárate, A., Bonilla, I. (1994) Essentiality of boron for symbiotic dinitrogen fixation in pea (*Pisum sativum*) rhizobium nodules. *Plant Physiology*, 104:85-90.
- Bolaños, L., Brewin, N. J., Bonilla, I. (1996) Effects of boron on *Rhizobium*-legume cell-surface interactions and nodule development. *Plant Physiology*, 110:1249-1256.
- Bonfim-Silva, E. M., Monteiro, F. A. (2006) Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35:1289-1297.
- Bonilla, I., Mergold-Villaseñor, C., Campos, M. E., Sánchez, N., Pérez, H., López, L., Castrejón, L., Sánchez, F., Cassab, G. I. (1997) The aberrant cell walls of boron-deficient bean root nodules have no covalently bound hydroxyproline-/proline-rich proteins. *Plant Physiology*, 115:1329-1340.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 399p.

- Buainain, A. M., Batalha, M. O. (2007). Cadeia produtiva da carne bovina. Brasília: MAPA/SPA/UUCA. *Série Agronegócios*, v.8, 86p.
- Camacho-Cristóbal, J. J., Rexach, J., González-Fontes, A. (2008) Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50:1247-1255.
- Carneiro, L. F., Furtini Neto, A. E., Resende, A. V., Curi, N., Santos, J. Z. L., Lago, F. J. (2008) Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:1133-1141.
- Carvalho, G. G. P., Pires, A. J. V. (2008) Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. *Archivos de Zootecnia*, 57:103-113.
- Carvalho, T. B., Zen, S., Tavares, E. C. N. (2009) Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)*, 47, Porto Alegre.
- Chagas, E. A., Pio, R., Chagas, P. C., Pasqual, M., Bettioli Neto, J. E. (2010) Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. *Ciência Rural*, 40:261-266.
- Cohen, M. S., Lepper Jr., R. (1977) Effect of boron on cell elongation and division in squash roots. *Plant Physiology*, 59:884-887.
- Conceição, P.M., Vieira, H.D. (2008) Qualidade fisiológica e resistência do recobrimento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, 30:48-53.
- Conceição, P.M., Vieira, H.D., Silva, R.F., Campos, S.C. (2009) Germinação e vigor de sementes de milho recobertas e viabilidade do inóculo durante o armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p.765-772, 2009.
- Costa, C., Meirelles, P. R. L., Silva, J. J. da, Factori, M. A. (2008) Evolução das pastagens cultivadas e do efetivo bovino no Brasil. *Veterinária e Zootecnia*, 15:8-17.
- Costa, F. P., Corrêa, E. S., Melo Filho, G. A., Cardoso, E. E., Pereira, M. A., Miranda, C. H. B. (2009) Avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais de quatro forrageiras lançadas pela Embrapa. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Documentos*, 174, 72p.
- Costa, N. L. (1995) Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30:401-408.

- Dechen, A. R., Nachtigall, G. R. (2006a) Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1-5.
- Dechen, A. R., Nachtigall, G. R. (2006b) Micronutrientes. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 327-354.
- Dell, B., Huang, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*, 193:103-120.
- Diniz, K. A., Silva, P. A., Veiga, A. D., Alvim, P. O., Oliveira, J.A. (2007) Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de alface revestidas com diferentes doses de micronutrientes, aminoácidos e reguladores de crescimento. *Revista Ciência Agronômica*, 38:396-400.
- Edmond, J.B, Drapala, W.J. (1958) The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:428-434.
- El-Hamdaoui, A., Redondo-Nieto, M., Rivilla, R., Bonilla, I., Bolaños, L. (2003) Effects of boron and calcium nutrition on the establishment of the *Rhizobium leguminosarum-pea (Pisum sativum)* symbiosis and nodule development under salt stress. *Plant, Cell and Environment*, 26:1003-1011.
- Embrapa Gado de Corte (2000) Estilosantes Campo Grande. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Gado de Corte Divulga*, 38, 2p.
- Embrapa Gado de Corte (2007) Cultivo e uso do estilosantes-campo-grande. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Comunicado Técnico*, 105, 11p.
- Epstein, E. (1994) The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91:11-17.
- Faquin, V. (2005) *Nutrição mineral de plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 179p.
- Farooq, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. (2012) Micronutrient application through seed treatments – a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12:125-142.
- Favaretto, N., Motta, A. C.V., Barcik, C., Lustosa, S. B. C., Comin, J. J. (2007) Shoot and root responses of *Trifolium vesiculosum* to boron fertilization in na acidic brazilian soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50:597-604.
- Ferraz, J. B. S., Felício, P. E. (2010) Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, 84:238-243.

- Ferreira, G. B., Fontes, R. L. F., Fontes, M. P. F, Alvarez, V. H. V. (2001) Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:91-101.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2014) *FAOSTAT*: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor> em 17/01/2015.
- Franzin, S. M., Menezes, N. L., Garcia, D. C., Roversi, T. (2004) Avaliação do vigor de sementes de alface nuas e peletizadas. *Revista Brasileira de Sementes*, 26:114-118.
- Funguetto, C. I. (2007a) Tratamento de sementes de grandes culturas com micronutriente zinco, fungicida e polímero. *Norte Científico*, 2:64-72.
- Funguetto, C. I. (2007b) Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco e polímero. *Norte Científico*, 2:80-92.
- Gadotti, C., Puchala, B. (2010) Revestimento de sementes. *Informativo Abrates*, 20:70-71.
- Gama, T. C. M., Volpe, E., Lempp, B. (2010) Recuperação de pastos de capim-braquiária com correção, adubação de solo e introdução de leguminosas. *Cadernos de Agroecologia*, 5:1-5.
- Gauch, H. G., Dugger Jr., W. M. (1953) The role of boron in the translocation of sucrose. *Plant Physiology*, 28:457-466.
- Goldberg, S., Lesch, S. ., Suarez, D. L. (2000) Predicting boron adsorption by soils using soil chemical parameters in the constant capacitance model. *Soil Science Society of America Journal*, 64:1356-1363.
- Hill, H. J. (1999) Recent developments in seed technology. *Journal of New Seeds*, 1: 105-112.
- Hu, H., Brown, P. H. (1994) Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. *Plant Physiology*, 105:681-689.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006) Censo Agropecuário 2006: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf em 13/01/2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013) Produção da Pecuária Municipal, 41:1-108:

ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf em 17/01/2015.

- Kaufman, G. (1991) Seed coating: a tool for stand establishment; a stimulus to seed quality. *HortTechnology*, 1:98-102.
- Kirkby, E. A., Römheld, V. (2007) *Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade*. Encarte Técnico, Informações Agrônomicas 118. INPI, 24p.
- Kouchi, H., Kumazawa, K. (1976) Anatomical responses of roots tips to boron deficiency: III. Effect of boron deficiency on sub-cellular structure of root tips, particularly on morphology of cell wall and its related organelles. *Soil Science and Plant Nutrition*, 22:53-71.
- Lagôa, A.O., Ferreira, A.C, Vieira, R.D. (2012) Plantability and moisture content of naked and pelleted seeds of supersweet (Sh₂) corn during cold storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:39-46.
- Lima, L. B., Silva, P. A., Guimarães, R. M., Oliveira, J. A. (2006) Peliculização e tratamento químico de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 30:1091-1098.
- Lins, T. O. J. A. (2011) *Morfogênese e interceptação luminosa em capim-tanzânia consorciado com estilosantes Campo Grande ou adubado com nitrogênio sob pastejo*. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Maringá – PR, Universidade Estadual de Maringá, 49p.
- Lopes, A. C. A., Nascimento, W.M. (2012) Peletização em sementes de hortaliças. Embrapa Hortaliças – Brasília – DF, *Documentos*, 137, 28p.
- Lopes, A. S. (1999) *Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma*. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) – São Paulo – Boletim Técnico, 8, 58p.
- Luchese, A. V., Gonçalves Jr., A. C., Luchese, E. B., Braccini, M. C. L. (2004) Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em respostas ao tratamento de sementes com cobre. *Ciência Rural*, 34:1949-1952.
- Ludwig, M. P., Lucca Filho, O. A., Baudet, L., Dutra, L. M. C., Avelar, S. A. G., Crizel, R. L., Oliveira, S. (2011) Eficiência do recobrimento de sementes de soja em equipamento com sistema de aspersão. *Ciência Rural*, 41:557-563.

- Magalhães, P. C., Ferreira, D. M. N., Vasconcelos, C. A., Azevedo, J. T., Borba, C. S. (1994) Efeito da peletização na germinação e desenvolvimento de cultivares de sorgo. *Revista Brasileira de Sementes*, 16:20-25.
- Maguire, J. D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Malavolta, E. (1980) *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 251p.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 631p.
- Manfredini, D. (2008) *Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 103p.
- Marin, V. A., Baldani, V. L. D., Teixeira, K. R. S., Baldani, J. I. (1999) Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura. Embrapa – Agrobiologia, *Série Documentos*, Seropédica – RJ, 34p.
- Martuscello, J. A., Oliveira, A. B., Cunha, D. N. F. V., Amorim, P. L., Dantas, P. A. L., Lima, D. A. (2011) Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 12:923-934.
- Masuthi, D. A., Vyakaranahal, B. S., Deshpande, V. K. (2009) Influence of pelleting with micronutrients and botanical on growth, seed yield and quality of vegetable cowpea. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22:898-900.
- 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*, 26:70-75.
- Medeiros, E. M., Baudet, L., Peres, W. B., Peske, F. B. (2006) Recobrimento de sementes de cenoura com aglomerantes em diversas proporções e fungicida. *Revista Brasileira de Sementes*, 28:94-100.
- Mendes, I. C., Reis Jr., F. B., Cunha, M. H. (2010) 20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio. Embrapa Cerrados – Planaltina – DF, *Documentos*, 281, 19p.

- Mendonça, E. A. F. (2003) *Revestimento de sementes de milho superdoce*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Jaboticabal – SP, Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 63p.
- Mendonça, E.A F., Carvalho, N.M., Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (Sh₂) *Revista Brasileira de Sementes*, 29:68-79.
- Miranda, C. H. B., Fernandes, C. D., Cadisch, G. (1999) Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. *Pasturas Tropicales*, 21:64-69.
- Monocha, S.M. (2003) Porous carbon. *Sadhana*, 28:335-348.
- Moreira, A., Bernardi, A. C. C., Rassini, J. B., Ferreira, R. P., Oliveira, P. P. A. (2007) Fertilidade do solo e estado nutricional de alfafa cultivada nos trópicos. Embrapa Pecuária Sudeste – São Carlos – SP, *Documentos*, 67, 40p.
- Moreira, L. M., Fonseca, D. M., Vítor, C. M. T., Assis, A. J., Nascimento Júnior, D., Ribeiro Júnior, J. I., Obeid, J. A. (2005) Renovação de pastagem degradada de capim-gordura com a introdução de forrageiras tropicais adubadas com nitrogênio ou em consórcios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:442-453.
- Moura, J. C., Faria, V. P. (1995) *Plantas forrageiras de pastagens*. Piracicaba: Fealq, 318p.
- Muner, L. H., Ruiz, H. A., Venegas, V. A., Neves, J. C. L., Freire, F. J., Freire, M. B. G. (2011) Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15:29-36.
- Nascimento, W. M., Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., Carmona, R. (2009) Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*, 27:12-16.
- Niaz, A., Ranjha, A. M., Rahmatullah, Hannan, A., Waqas, M. (2007) Boron status of soils as affected by different soil characteristics – pH, CaCO₃, organic matter and clay contents. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 44:428-435.
- Ohse, S., Santos, O. S., Menezes, N. L., Schmidt, D. (1997) Efeito de fontes e doses de zinco sobre a germinação eo vigor de sementes de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Sementes*, 19:369-373.
- Ohse, S., Marodim, V., Santos, O. S., Lopes, S. J., Manfron, P. A. (2000) Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Uruguiana*, 7/8:41-50.

- Ohse, S., Rezende, B. L. A., Lisik, D., Otto, R. F. (2012) Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:282-292.
- Oliveira, J. A., Pereira, C. E., Guimarães, R. M., Vieira, A. R., Silva, J. B. C. (2003a) Desempenho de sementes de pimentão com diferentes materiais. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:36-47.
- Oliveira, J. A., Pereira, C.E, Guimarães, R.M, Vieira, A.R., Silva, J.B.C. (2003b) Efeito de diferentes materiais de peletização na deterioração de sementes de tomate durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:20-27.
- Oliveira, M. F. G., Novais, R. F., Neves, J. C. L., Alves, V. M. C., Vasconcellos, C. A. (1999) Fluxo difusivo de zinco em amostras de solo influenciado por textura, íon acompanhante e pH do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:609-615.
- Oliveira, S., Tavares, L. C., Lemes, E. S., Brunet, A. P., Dias, I. L., Meneghelo, G. E. (2014) Tratamento de sementes de *Avena sativa* L. com zinco: qualidade fisiológica e desempenho inicial de plantas. *Semina: Ciências Agrárias*, 35:1131-1142.
- Oseni, T. O. (2009) Growth and zinc uptake of sorghum and cowpea in response to phosphorus and zinc fertilization. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5:670-674.
- Paciullo, D. S. C., Aroeira, L. J. M., Alvim, M. J., Carvalho, M. M. (2003) Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:421-426.
- Paulino, V. T., Braga, G. J., Lucena, M. A. C., Gerdes, L., Colozza, M. T. (2008) Sustentabilidade de pastagens consorciadas – ênfase em leguminosas forrageiras. *Anais do Encontro Técnico sobre Leguminosas Forrageiras – desafios e perspectivas*, 2, Nova Odessa – SP, 168p.
- Peixoto, A. M., Pedreira, C. G. S., Moura, J. C., Faria, V. P. (2001) A planta forrageira no sistema de produção. *Anais do Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 18, Piracicaba – SP, FEALQ, 458p.
- Pereira, C. E., Oliveira, J. A., Guimarães, R. M., Vieira, A. R., Silva, J. B. C. (2005) Condicionamento fisiológico e revestimento de sementes de pimentão. *Revista Ciência Agronômica*, 36:74-81.
- Pereira, C. E., Oliveira, J. A., Guimarães, R. M., Vieira, A. R., Evangelista, J. R. E., Oliveira, G. E. (2011a) Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:158-164.

- Pereira, C. E., Oliveira, J. A., Rosa, M. C. M., Kikuti, A. L. P. (2011b) Armazenamento de sementes de braquiária peletizadas e tratadas com fungicida e inseticida. *Ciência Rural*, 41:2060-2065.
- 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*, 6:273-284.
- Peres, W. B. (2010) *Incrustamento em sementes de azevém anual (Lolium multiflorum lam.): características físicas e qualidade fisiológica*. Tese (Doutorado em Ciências) – Pelotas – RS, Universidade Federal de Pelotas – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, 53p.
- Perin, A., Santos, R. H. S., Urquiaga, S. Guerra, J. G. M., Cecon, P. R. (2004) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:35-40.
- Peske, F. B., Novembre, A. D. L. C. (2011) Pearl millet seed pelleting. *Revista Brasileira de Sementes*, 33:352-362.
- Pires, W. (2006) *Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação*. Viçosa: Aprenda Fácil, 302p.
- Popinigis, F. (1985) Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN, 285p.
- Prado, R. M., Mouro, M. C. (2007) Fontes de zinco aplicado em sementes de sorgo cv. BRS 310 e o crescimento inicial. *Semina: Ciências Agrárias*, 28:355-364.
- Prado, R. M., Natale, W., Mouro, M. C. (2007) Fontes de zinco aplicado via semente na nutrição e crescimento inicial do milho cv. Fort. *Bioscience Journal*, 23:16-24.
- Prado, R. M., Romualdo, L. M., Rozane, D. E. (2008) Aplicação de zinco em sementes de sorgo cv. BRS 304: efeitos na nutrição e no crescimento inicial. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30:471-478.
- Ramos, A. K. B., Karia, C. T., Andrade, R. P., Barcellos, A. O., Vilela, L. (2004) Consorciação de gramíneas e leguminosas para a produção de bovinos. *Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia (Zootec)*, Brasília – DF, 24p.
- Reis Jr., F. B., Teixeira, K. R. S., Reis, V. M. (2002) Fixação biológica de nitrogênio associada a pastagens de braquiária e outras gramíneas forrageiras. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, *Documentos*, 52, 27p.

- Ribeiro, N. D., Santos, O. S., Menezes, N. L. (1994) Tratamento de sementes de milho com fontes de zinco e boro. *Revista Brasileira de Sementes*, 16:116-120.
- Ribeiro, O. L., Cecato, U., Iwamoto, B. S., Pinheiro, A., Jobim, C. C., Damasceno, J. C. (2011) Desempenho de bovinos em capim-tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com Estilosantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 12:275-285.
- Rocha, G. C. (1995) Micronutrientes nos solos do Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 16:158-168.
- Rocha, N. S., Almeida, J. C. C., Silva, T. O., Nepomuceno, D. D., Costa, Z. S., Rangel, B. O. F. (2008) Produção de matéria seca e teor de proteína bruta em leguminosas forrageiras tropicais submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia (Zootec)*, João Pessoa – PB, 4p.
- Rouquette Jr., F. M., Smith, G. R. (2010) Effects of biological nitrogen fixation and nutrient cycling on stocking strategies for cow-calf and stocker programs. *The Professional Animal Scientist*, 26:131-141.
- Rubin, S. A. L., Santos, O. S., Ribeiro, N. D., Raupp, R. O. (1995) Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. *Ciência Rural*, 25:39-42.
- Salehin, F., Rahman, S. (2012) Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L. *Agricultural Sciences*, 3:9-13.
- Santos, A. R., Mattos, W. T., Almeida, A. A. S., Monteiro, F. A., Corrêa, B. D., Gupta, U. C. (2004) Boron nutrition and yield of alfalfa cultivar Crioula in relation to boron supply. *Scientia Agricola*, 61:496-500.
- Santos, F. C., Oliveira, J. A., Pinho, E. V. R. V., Guimarães, R. M., Vieira, A. R. (2010) Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Brasileira de Sementes*, 32:69-78.
- Shelton, H. M., Franzel, S., Peters, M. (2005) Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. *Tropical Grasslands*, 39:198-209.
- Silva, D. J., Queiroz, A.C. (2006) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 235p.
- Silva, F. A. S. (2013) *ASSISTAT - Assistência Estatística*, versão 7.6. Universidade Federal de Campina Grande – PB.

- Silva, F. R., Ferreyra, F. F. H. (1998) Boro total e solúvel e suas relações com alguns atributos dos solos do Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:595-602.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998a) Metodologia para avaliação de materiais cimentantes para peletização de sementes. *Horticultura Brasileira*, 16:31-37.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998b) Metodologia para avaliação de resistência de péletes. *Horticultura Brasileira*, 16:118-122.
- Silva, J. B. C., Nakagawa, J. (1998c) Confecção e avaliação de péletes de sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 16:151-158.
- Silva, J. B. C., Santos, E. C., Nascimento, W. M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, 20:67-70.
- Silva, J. J., Saliba, E. O. S. (2007) Pastagens consorciadas: uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. *Veterinária e Zootecnia*, 14:8-18.
- Soares, F. N. (2009) *Leguminosas Forrageiras*. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Castanhal – PA, Universidade Federal do Pará, 36p.
- Soares, M. R., Casagrande, J. C., Alleoni, L. R. F. (2008) Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:111-120.
- Souza, E. C. A., Coutinho, E. L. M., Natale, W., Barbosa, J. C. (1998) Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:575-582.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2006). *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Artimed, 722p.
- Tang, P. M., Fuente, R. K. D. (1986) The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium deficient sunflower hypocotyls segments. *Plant Physiology*, 81:646-650.
- Tavares, L. C., Rufino, C.A., Dörr, C.S., Barros, A.C.S.A., Peske, S.T. (2012) Performance of lowland Rice seeds coated with dolomitic limestone and aluminum silicate. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:202-211.
- Tavares, L. C., Fonseca, D. A. R., Brunet, A. P., Rufino, C. A., Meneguello, G. E., Barros, A. C. S. A. (2013a) Performance of rice seeds treated with zinc, boron and molybdenum. *Journal of Seed Science*, 35:000-000.

- Tavares, L. C., Rufino, C. A., Brunes, A. P., Friedrich, F. F., Barros, A. C. S. A, Villela, F. A. (2013b) Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. *Journal of Seed Science*, 35:28-34.
- Tavares, L. C., Brunes, A. P., Tunes, L. M., Gadotti, G. I., Barros, A. C. S. A., Villela, F. A. (2013c) The yield and physiological quality of oat seeds subjected to cover with zinc. *Acta Scientiarum*, 35:357-361.
- Tavares, T. M, Siebeneichler, S. C., Leal, T. C. A. B., Terra, T. G. R., Rotili, E., Rahmeier, W. (2013) Growth analysis in seedlings Rice in relation of the seed treatment with mineral nutrients. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4:344-351.
- Teles, T. G. R. M., Carneiro, M. S. S., Soares, I., Pereira, E. S., Souza, P. Z., Magalhães, J. A. (2011) Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 sob efeito de adubação com NPK. *Acta Scientiarum*, 33:137-143.
- Teodoro, R. B., Oliveira, F. L., Silva, D. M. N., Fávero, C., Quaresma, M. A. L. (2011) Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. *Revista Ciência Agronômica*, 42:292-300.
- Tunes, L. M., Pedroso, D. C., Tavares, L. C., Barbieri, A. P. P., Barros, A. C. S. A., Muniz, M. F. B. (2012) Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componetes do rendimento e teor de elemento nas sementes. *Ciência Rural*, 42:1141-146.
- Tunes, L. V. M., Fonseca, D. A. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A, Vilella, F. A. (2014) Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Revista Ceres*, v.61, n.5, p.675-685.
- Valladares, G. S., Pereira, M. G., Souza, J. M. P. F., Pérez, D. V., Anjos, L. H. C. (1999) Disponibilidade de boro e correlação com propriedades dos solos do Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:493-498.
- Valle, C. B., Jank, L., Resende, R. M. S. (2009) O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*, 56:460-472.
- Vendrame, P. R. S., Brito, O. R., Quantin, C, Becquer, T. (2007) Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:859-864.

- Verzignassi, J. R., Fernandes, C. D. (2002) Estilosantes Campo Grande: situação atual e perspectivas. Embrapa Gado de Corte – Campo Grande – MS, *Comunicado Técnico*, 70, 4p.
- Vitti, G. C., Serrano, C. G. E. (2007) O zinco na agricultura. *DBO Agrotecnologia*, 3:10-11.
- Vitor, C. M. T., Fonseca, D. M., Cóser, A. C., Martins, C. E., Nascimento Júnior, D., Ribeiro Júnior, J. I. (2009) Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:435-442.
- Yagi, R., Simili, F. F., Araújo, J. C., Prado, R. M., Sanchez, S. V., Ribeiro, C. E. R., Barretto, V. C. M. (2006) Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:655-660.
- Yamada, T. (2000) Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? *Informações Agronômicas*, Piracicaba: Potafós, 90:1-5.
- Yamagishi, M., Yamamoto, Y. (1994) Effects of boron on nodule development and symbiotic nitrogen fixation in soybean plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40:165-174.
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., Lin, J. (2003) Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree Physiology*, 23:345-351.
- Wazilewski, W. T., Gomes, L. F. S. (2009) Boro aplicado via semente em girassol. *Cultivando o saber*, 2:137-142.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Análise de variância para o Teor de Água (TA) de sementes de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com diferentes materiais.

FV	GL	Quadrado médio
		TA
Tratamento	6	6,10048*
Resíduo	7	0,03024
Média		6,76
CV (%)		2,57

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

Quadro 2A – Análise de variância para o Diâmetro Máximo (DMA), Diâmetro Mínimo (DMI), Primeira Contagem de Germinação (PCG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de Germinação (TmG), porcentagem de Germinação (G), porcentagem de Plântulas Anormais (PA) e porcentagem de Sementes Não Germinadas (SNG) de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com diferentes materiais.

FV	GL	Quadrado médio							
		DMA	DMI	PCG	IVG	TmG	G	PA	SNG
Tratamento	6	6,10048*	0,06717*	102,23810 ^{ns}	16,84684*	0,23813*	174,14286*	41,47619*	21,80952 ^{ns}
Resíduo	21	0,03024	0,00081	69,85714	5,95765	0,05497	60,71429	15,57143	21,38095
Média		2,70	1,78	57,7	15,50	2,49	60,3	7,3	11,07
CV (%)		1,31	1,60	14,57	15,74	9,41	13,00	56,95	41,76

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

Quadro 3A – Análise de variância para a porcentagem de Emergência (E), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo médio de Emergência (TmE), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento de raiz (CR), Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa fresca de raiz (MFR) e Massa seca de raiz (MSR) de plantas de estilosantes cv. Campo Grande provenientes de sementes recobertas com diferentes materiais.

FV	GL	Quadrado médio								
		E	IVE	TmE	CPA	CR	MFPA	MSPA	MFR	MSR
Bloco	3	56,00000 ^{ns}	6,30566*	0,13759*	0,05069 ^{ns}	1,35609 ^{ns}	392,19110*	15,88632 ^{ns}	138,60250*	1,00730 ^{ns}
Tratamento	6	91,57143 ^{ns}	2,05420 ^{ns}	0,05363*	0,03386 ^{ns}	0,75747 ^{ns}	110,76796 ^{ns}	11,82260 ^{ns}	16,33512 ^{ns}	0,52276 ^{ns}
Resíduo	18	62,55556	1,86147	0,02007	0,04414	1,71233	97,66757	12,47229	23,09647	0,62698
Média		57,14	7,02	5,45	1,86	10,73	48,27	4,85	19,33	5,05
CV (%)		13,84	19,43	6,09	11,30	12,20	20,48	72,81	24,86	15,67

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

APÊNDICE B

Quadro 1B – Análise de variância para o Teor de Água (TA) de sementes de soja perene cv. Comum recobertas com diferentes materiais.

FV	GL	Quadrado médio
		TA
Tratamento	6	0,00120*
Resíduo	7	0,000003
Média		7,04
CV (%)		1,17

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

Quadro 2B – Análise de variância para o Diâmetro Máximo (DMA), Diâmetro Mínimo (DMI), Primeira Contagem de Germinação (PCG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de Germinação (TmG), porcentagem de Germinação (G), porcentagem de Plântulas Anormais (PA) e porcentagem de Sementes Não Germinadas (SNG) de soja perene cv. Comum recobertas com diferentes materiais.

FV	GL	Quadrado médio							
		DMA	DMI	PCG	IVG	TmG	G	PA	SNG
Tratamento	6	0,03507*	0,12819*	0,12339*	0,28992*	2,62732*	39,95238 ^{ns}	12,28571 ^{ns}	87,23810*
Resíduo	21	0,00059	0,00057	0,01516	0,03924	0,33276	70,57143	12,38095	14,28571
Média		2,80	2,13	11,3	6,08	5,62	50,9	10	12,1
CV (%)		0,87	1,12	42,59	8,10	10,27	16,56	36,22	31,88

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

Quadro 3B – Análise de variância para a porcentagem de Emergência (E), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Tempo médio de Emergência (TmE), Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento de raiz (CR), Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa fresca de raiz (MFR) e Massa seca de raiz (MSR) de plantas de soja perene cv. Comum provenientes de sementes recobertas com diferentes materiais.

FV	GL	Quadrado médio								
		E	IVE	TmE	CPA	CR	MFPA	MSPA	MFR	MSR
Bloco	3	50,42857 ^{ns}	0,35896 ^{ns}	0,34134 ^{ns}	0,17787*	33,93759*	1720,72213*	70,36353*	1561,58544*	75,57647*
Tratamento	6	80,47619*	2,25848*	2,53756*	0,14076*	6,43980*	447,69052 ^{ns}	19,31073 ^{ns}	154,36800 ^{ns}	22,88817*
Resíduo	18	22,31746	0,20434	0,60382	0,05043	2,35479	461,20333	17,74319	226,79081	8,28826
Média		45,93	3,79	6,96	1,11	6,84	62,28	10,72	38,71	6,87
CV (%)		10,29	11,92	11,16	20,19	22,45	34,48	39,30	38,90	41,94

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

ns – não significativo

APÊNDICE C

Quadro 1C – Análise de variância para Primeira Contagem de Germinação (PCG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de Germinação (TmG), porcentagem de Germinação (G), porcentagem de Plântulas Anormais (PA) e porcentagem de Sementes Duras (SD) de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com zinco e boro.

FV	GL	Quadrado médio					
		PCG	IVG	TmG	G	PA	SD
Tratamento	5	1326,66667*	54,27788*	0,79232 ^{ns}	512,16002*	316,39017*	11,20000 ^{ns}
Resíduo	18	57,66667	2,19365	0,91061	13,58200	31,00736	5,44444
Média		24,8	13,23	2,91	55	12,7	2,5
CV (%)		30,58	11,19	32,74	7,72	29,90	93,33

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

Quadro 2C – Análise de variância para porcentagem de Emergência (E), Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo médio de Emergência (TmE) de sementes de estilosantes cv. Campo Grande recobertas com zinco e boro.

FV	GL	Quadrado médio		
		E	IVE	TmE
Bloco	3	41,11111 ^{ns}	1,06018 ^{ns}	0,64763 ^{ns}
Tratamento	5	411,20000*	5,16441*	1,30123*
Resíduo	15	50,57778	1,22878	0,37958
Média		61,5	6,92	5,19
CV (%)		11,56	16,03	11,88

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

ns – não significativo

Quadro 3C – Análise de variância para o Comprimento da Parte Aérea (CPA), Comprimento de Raiz (CR), Área Foliar (AF), Número de Nódulos (NN), Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Fresca de Raiz (MFR) e Massa Seca de Raiz (MSR) de plantas de estilosantes cv. Campo Grande provenientes de sementes recobertas com zinco e boro.

FV	GL	Quadrado médio							
		CPA	CR	AF	NN	MFPA	MSPA	MFR	MSR
Tratamento	5	1,27399*	196,80171*	0,04557*	67,18833*	2663,56000*	1050,85333*	1070,14000*	1055,99500*
Resíduo	114	0,23812	18,06315	0,01735	5,49693	623,66140	345,24649	219,57982	296,61360
Média		3,11	17,36	0,48	5,66	143,80	71,28	107,10	84,53
CV (%)		15,71	24,48	27,52	41,80	17,37	26,07	13,84	20,38

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

ns – não significativo

APÊNDICE D

Quadro 1D – Análise de variância para Primeira Contagem de Germinação (PCG), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo médio de Germinação (TmG), porcentagem de Germinação (G), porcentagem de Plântulas Anormais (PA) e porcentagem de Sementes Duras (SNG) de soja perene cv. Comum recobertas com zinco e boro.

FV	GL	Quadrado médio					
		PCG	IVG	TmG	G	PA	SD
Tratamento	5	243,38023*	59,1706*	1,99994*	436,96667*	16,99063 ^{ns}	1,10000 ^{ns}
Resíduo	18	19,28716	0,39864	0,04449	8,83333	13,67725	8,50000
Média		7,7	4,81	4,85	32,0	7,5	7,0
CV (%)		32,19	13,12	4,35	9,41	24,25	43,19

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

ns – não significativo

Quadro 2D – Análise de variância para porcentagem de Emergência, Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo médio de Emergência (TmE) de sementes de soja perene cv. Comum recobertas com zinco e boro.

FV	GL	Quadrado médio		
		E	IVE	TmE
Bloco	3	93,50000 ^{ns}	0,43875 ^{ns}	0,75311 ^{ns}
Tratamento	5	235,76667*	2,02412*	1,74302*
Resíduo	15	76,03333	0,35870	0,57455
Média		35,3	2,68	7,76
CV (%)		24,85	22,37	9,77

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

ns – não significativo

Quadro 3D – Análise de variância para Comprimento da Parte Aérea (CPA), Comprimento de Raiz (CR), Área Foliar (AF), Número de Nódulos (NN), Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Fresca de Raiz (MFR) e Massa Seca de Raiz (MSR) de plantas de soja perene cv. Comum provenientes de sementes recobertas com zinco e boro.

FV	GL	Quadrado médio							
		CPA	CR	AF	NN	MFPA	MSPA	MFR	MSR
Tratamento	5	0,06589*	0,28430 ^{ns}	2,11960*	44,51333*	9081,69333*	5804,02833*	5140,89333 ^{ns}	650,83500*
Resíduo	114	0,01096	0,20429	0,27403	15,59474	5892,97807	557,77061	5684,74298	336,28728
Média		2,62	13,65	1,52	6,0	183,68	62,16	149,58	61,78
CV (%)		16,13	12,33	34,36	67,12	41,79	38,00	50,40	29,69

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns – não significativo

APÊNDICE E

Quadro 1E- Análise química do substrato utilizado nos experimentos em casa-de-vegetação.

Identificação		pH	P*	K*	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	C	MO	S.B.	T	t	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B
Lab.	Int.		MG/dm ³		cmol _c /dm ³					%	g/dm ³	cmol _c /dm ³			%	MG/dm ³						
2153	1	4,1	5	98	0,7	0,7	1,2	4,5	0,04	1,11	19,1	1,7	6,2	2,9	42	27	53	1,1	1,0	3,2	66,6	0,26

Quadro 2E- Análise física do substrato utilizado nos experimentos em casa-de-vegetação.

Nº das Amostras		Granulometria		
Lab.	Int.	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	ARG (g/kg)
2153	1	370	117	513

Quadro 3E – Temperaturas mínima e máxima (°C) e umidade relativa (UR) diária dentro da casa-de-vegetação durante o período experimental (30 dias) do teste de emergência de plantas de estilosantes cv. Campo Grande e soja perene cv. Comum provenientes de sementes recobertas com diferentes materiais.

Dia	T^a mínima (°C)	T^a máxima (°C)	UR (%)	Dia	T^a mínima (°C)	T^a máxima (°C)	UR (%)
12/03/14	23,1	34,3	72	30/03/14	22,7	33,9	73
13/03/14	24,5	33,7	69	31/03/14	24,5	31,7	71
14/03/14	24,3	34,5	69	01/04/14	24,5	34,8	76
15/03/14	24,1	33,2	68	02/04/14	23,7	40,8	78
16/03/14	24,1	33,5	64	03/04/14	24,8	41,3	77
17/03/14	23,8	35,4	68	04/04/14	23,7	28,9	75
18/03/14	24,5	40,4	70	05/04/14	22,3	39,7	79
19/03/14	24,8	34,3	72	06/04/14	22,9	32,7	76
20/03/14	24,5	36,7	74	07/04/14	20,1	42,4	70
21/03/14	24,3	35,2	76	08/04/14	22,5	41,5	74
22/03/14	25,6	33,2	69	09/04/14	23,2	39,1	74
23/03/14	24,4	37,0	71	10/04/14	21,3	39,0	76
24/03/14	23,1	28,5	73	11/04/14	25,3	43,7	76
25/03/14	20,2	27,2	70	12/04/14	21,4	40,7	75
26/03/14	22,4	30,7	68	13/04/14	23,1	41,3	72
27/03/14	23,0	25,4	72	14/04/14	22,5	41,3	77
28/03/14	22,8	26,5	72	15/04/14	22,5	40,9	75
29/03/14	22,4	30,8	70	16/04/14	21,8	34,9	81
Média	24,1	32,2	70	Média	22,9	38,3	75

Quadro 4E – Temperaturas mínima e máxima (°C) e umidade relativa (UR) diária dentro da casa-de-vegetação durante o período experimental (47 dias) do teste de emergência de plantas de estilosantes cv. Campo Grande e soja perene cv. Comum provenientes de sementes recobertas com diferentes doses dos micronutrientes zinco e boro.

Dia	T^a mínima (°C)	T^a máxima (°C)	UR (%)	Dia	T^a mínima (°C)	T^a máxima (°C)	UR (%)
18/10/14	25,7	27,7	75	12/11/14	20,4	32,5	65
19/10/14	24,6	30,3	69	13/11/14	21,7	34,2	67
20/10/14	24,5	33,5	67	14/11/14	20,1	29,3	70
21/10/14	27,3	35,0	68	15/11/14	21,5	26,7	72
22/10/14	20,4	38,7	70	16/11/14	22,3	29,5	68
23/10/14	27,0	35,2	74	17/11/14	23,5	31,8	63
24/10/14	25,1	30,7	74	18/11/14	21,2	30,5	62
25/10/14	20,0	38,5	68	19/11/14	26,4	32,5	58
26/10/14	23,6	44,3	63	20/11/14	20,6	35,5	60
27/10/14	23,8	41,1	66	21/11/14	22,9	37,1	64
28/10/14	23,0	42,6	76	22/11/14	20,1	34,6	66
29/10/14	24,8	37,2	65	23/11/14	23,4	35,7	65
30/10/14	23,3	44,1	69	24/11/14	19,4	31,2	73
31/10/14	25,7	36,9	66	25/11/14	20,5	34,0	69
01/11/14	23,1	37,5	67	26/11/14	23,1	35,1	69
02/11/14	22,8	35,8	61	27/11/14	26,7	35,0	67
03/11/14	23,7	40,1	65	28/11/14	21,3	27,9	63
04/11/14	26,4	42,6	7	29/11/14	17,4	28,6	65
05/11/14	26,7	43,6	69	30/11/14	19,0	27,9	69
06/11/14	26,0	32,6	68	01/12/14	23,7	33,7	65
07/11/14	21,0	41,2	62	02/12/14	20,1	33,4	63
08/11/14	21,7	37,9	64	03/12/14	21,3	35,0	66
09/11/14	21,0	41,3	66	04/12/14	23,7	35,3	62
10/11/14	20,1	37,0	69	05/12/14	22,4	27,4	69
11/11/14	20,4	34,2	66				
Média	23,7	37,6	65	Média	21,8	32,3	67