

REVESTIMENTO EM SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO

JOSÉ INÁCIO COELHO PIRES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

P667 Pires, José Inácio Coelho.

Revestimento em sementes de sorgo granífero / José Inácio Coelho Pires. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

89 f.

Bibliografia: 67 - 72.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Sorgo granífero. 2. Revestimento de sementes. 3. Germinação. 4. Silicato. 5. Estresse hídrico. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD -

REVESTIMENTO EM SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO

JOSÉ INÁCIO COELHO PIRES

“Dissertação 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 Mestre em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Henrique Duarte Vieira

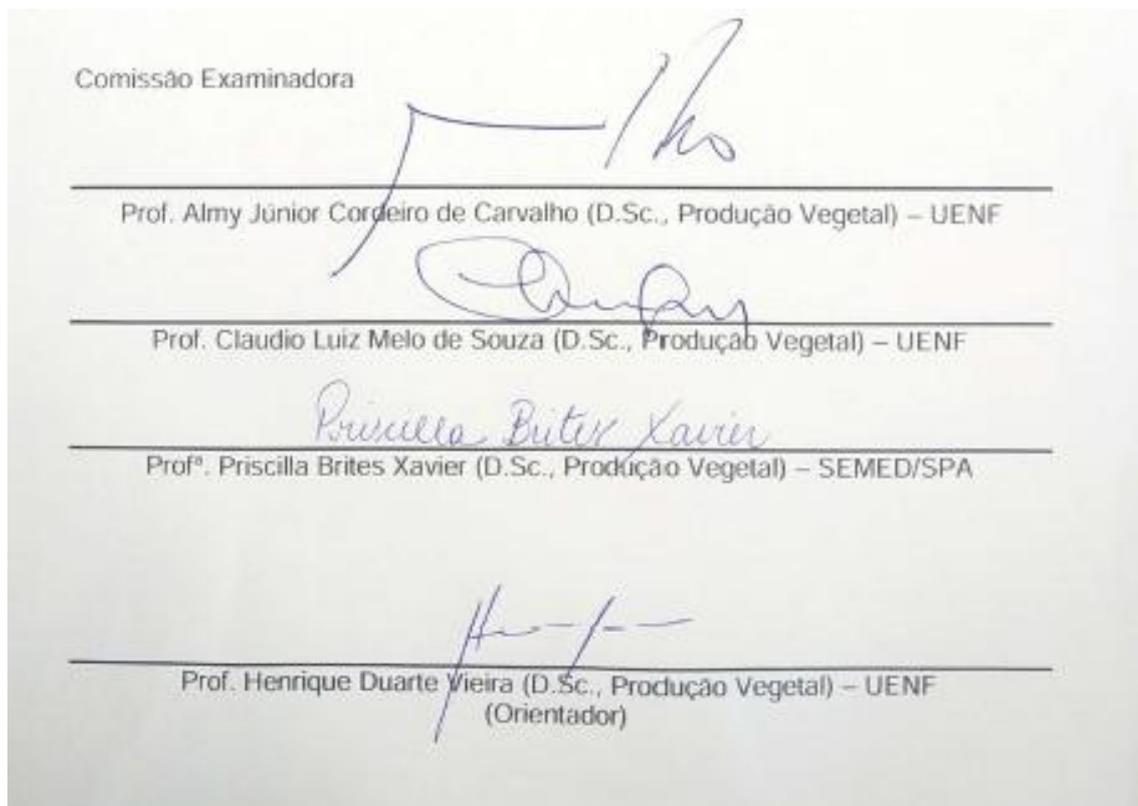
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2019

REVESTIMENTO EM SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO

JOSÉ INÁCIO COELHO PIRES

“Dissertação 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 Mestre em Produção Vegetal”

Aprovada em 29 de março de 2019



A Deus;

Aos meus pais, Maria da Conceição e Manoel;

Ao meu pai, Sebastião (*in memoriam*);

Aos meus irmãos, Júlio César, Luiz Carlos e João Paulo;

À minha sobrinha Luiza.

*“Como era difícil acreditar
que eu ia chegar onde estou
que minha vida ia mudar, e mudou (...)” (Chorão)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me abençoar, sem Ele nada seria possível;
Aos meus pais, Conceição e Manoel, por sempre estarem ao meu lado;
Aos meus irmãos, Gulin, Luiz Carlos e João Paulo, pelo companheirismo.
À Natália, pelo apoio, companheirismo e incentivo nessa etapa;
Ao professor Henrique, pela amizade, orientação, ensinamentos e, também, pelos cafés de cada dia.

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Aos amigos do B4 304, Edinaldo e Thales, pelo convívio e amizade construída.

Aos amigos de laboratório, Amanda, Carla, Danilo e, em especial, à minha amiga Vanessa, pelo incentivo e ajuda no desenvolvimento deste trabalho e pelos bons momentos compartilhados.

Aos meus amigos, Juninho e Renata, pelo apoio e amizade de sempre ao longo desses anos. E, também, aos amigos, Hélio e Luize.

Ao C.R.V.G.

A todos que, de alguma forma, se fizeram presentes nessa importante etapa da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Sorgo	3
2.2 Sorgo Granífero	5
2.3 Sementes de sorgo	5
2.4. Défice Hídrico	6
2.5 Revestimento de Sementes	7
2.5.1 Material de enchimento	8
2.5.2 Material adesivo ou cimentante	9
3. TRABALHOS	10
3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES MATERIAIS DE ENCHIMENTO NO REVESTIMENTO	10
3.2 EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO INDUZIDO POR PEG EM SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO REVESTIDAS COM SILICATO DE CÁLCIO	44
4. RESUMO E CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICES	73
APÊNDICE A	74
APÊNDICE B	78

RESUMO

PIRES, José Inácio Coelho; M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2019. Revestimento em sementes de sorgo granífero. Professor Orientador: Henrique Duarte Vieira.

A cultura do sorgo vem apresentando uma grande expansão agrícola, devido às suas características agrônômicas. Para a cultura do sorgo, o método de propagação utilizado é via sementes. A técnica de revestimento tem a vantagem de alterar o formato e tamanho das sementes, deixando-as uniformes, e facilitando a semeadura. Nesse contexto, objetivou-se nesse trabalho, avaliar as características físicas e fisiológicas de sementes de sorgo granífero em função do revestimento com diferentes materiais de enchimento e verificar o efeito do revestimento com silicato de cálcio quando submetidas em déficit hídrico. As sementes foram revestidas em drageadora de bancada, modelo N10 Newpack[®], como solução adesiva, foi utilizado cola cascorez extra, e como material de enchimento, areia, calcário e silicato de cálcio. O trabalho foi composto por dois experimentos. No primeiro, os tratamentos utilizados no revestimento de sementes foram os seguintes: TR1: Calcário (100%); TR2: Calcário (75%) + Areia (25%); TR3: Calcário (50%) + Areia (50%); TR4: Calcário (25%) + Areia (75%); TR5: Areia (100%); TR6: Silicato de Cálcio (100%); TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%); TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%); TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%); TR10: SNR (Sementes não revestidas). Em laboratório, o delineamento foi inteiramente casualizado e na casa de vegetação, em blocos ao

acaso. No segundo experimento, as sementes foram revestidas com silicato de cálcio para serem submetidas a diferentes potenciais osmóticos simulados com uso de Polietileno glicol 6000 em laboratório. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, constituído em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois tratamentos (sementes revestidas e não revestidas) e seis potenciais osmóticos (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa). Nos dois experimentos foram feitas análises físicas e fisiológicas para avaliar o efeito dos tratamentos. No primeiro experimento foi observado que o revestimento não prejudicou no desenvolvimento de plântulas de sorgo, o revestimento com 100% areia proporcionou aumento na taxa de germinação e que o revestimento com 100% silicato favoreceu a taxa de emergência. No segundo experimento, em todos potenciais osmóticos sementes de sorgo revestidas apresentam menores valores para as variáveis primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG). A velocidade de germinação em sementes revestidas e não revestidas decresceu na mesma intensidade à medida que a disponibilidade de água diminuiu para a semente.

ABSTRACT

PIRES, José Inácio Coelho; M.Sc.; State University of North Fluminense Darcy Ribeiro. March of 2019. Seeds coating of sorghum. Advisor: Henrique Duarte Vieira.

The sorghum crop has been showing a great agricultural expansion, due to its agronomic characteristics. For a sorghum crop, the propagation method used is via seeds. The coating technique has the advantage of changing the shape and size of the seeds, leaving them uniform, and facilitating sowing. The objective of this study was to evaluate the physical and physiological characteristics of seeds of sorghum as a function of the coating with different filling materials and to verify the effect of the coating with calcium silicate when submitted to water deficit. The seeds were coated in drageadora, N10 Newpack® model, as an adhesive solution, using glue of brand name cascorez extra and as a filling material sand, limestone and calcium silicate. The work was composed by two experiments. In the first, the treatments used in seed coating were as follows: TR1: Limestone (100%); TR2: Limestone (75%) + Sand (25%); TR3: Limestone (50%) + Sand (50%); TR4: Limestone (25%) + Sand (75%); TR5: Sand (100%); TR6: Calcium Silicate (100%); TR7: Calcium silicate (75%) + Sand (25%); TR8: Calcium silicate (50%) + Sand (50%); TR9: Calcium silicate (25%) + Sand (75%); TR10: SNR (Uncoated Seeds). In the second experiment, the seeds were coated with calcium silicate to be submitted to different simulated osmotic potentials with polyethylene glycol 6000 in the laboratory. The design was completely randomized, consisting

of a 2 x 6 factorial scheme, two treatments (coated and uncoated seeds) and six osmotic potentials (0.0; -0.2; -0.4; -0.6; -0.8 and -1.0 MPa). In both experiments, physical and physiological analyzes were performed to evaluate the effect of treatments. In the first experiment it was observed that the coating did not impair the development of sorghum seedlings, the coating with 100% sand provided an increase in the germination rate and that the coating with 100% silicate favored the emergence rate. In the second experiment, in all potential osmotic coated sorghum seeds, the germination percentage (PG) and the germination seeds index (IVG) presented the lowest values for the first germination count (PCG). The germination speed in coated and uncoated seeds decreased at the same intensity as the water availability decreased for the seed.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo apresenta grande expansão agrícola, devido às suas características agronômicas, principalmente devido ao alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, além de possuir uma elevada capacidade de suportar estresses ambientais como deficiência hídrica (Ribas, 2014).

O sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e após o término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofrem estresse (Amaral et al., 2003).

A semente de sorgo é pequena e possui poucas reservas para promover um rápido desenvolvimento inicial das plantas. Apresenta crescimento inicial lento, o que torna a planta de sorgo mais susceptível ao déficit hídrico na fase de estabelecimento da cultura (Ribas, 2018).

Para a cultura do sorgo, o método de propagação mais utilizado é via sementes, o que torna indispensável utilizar sementes de qualidade e que apresentem potencial para gerar plantas de qualidade. O revestimento de sementes é uma técnica usada há bastante tempo, principalmente em hortaliças, florestais e ornamentais (Bays et al., 2007). O uso de tecnologias como o revestimento de sementes, além de agregar valor, contribui para um bom desempenho das sementes e plântulas em campo. A técnica de revestimento tem a vantagem de alterar o formato e tamanho das sementes, o que promove a uniformidade e facilita a semeadura. Possibilita, ainda, a incorporação de

nutrientes, reguladores de crescimento, inseticidas e fungicidas (Acha et al., 2016; Baudet e Peres, 2004; Nascimento et al., 2009).

Mesmo com as vantagens atribuídas ao revestimento de sementes, ainda não se têm muitas informações para o revestimento de sementes de sorgo. As metodologias utilizadas no revestimento ainda não estão disponíveis no mercado, por se tratar de um “segredo” das empresas (Funguetto, 2007). Assim, é necessário pesquisas para que se possa definir os materiais corretos para o revestimento das sementes.

Assim, objetivou-se nesse trabalho avaliar as características físicas e fisiológicas de sementes de sorgo granífero em função do revestimento com diferentes materiais de enchimento e verificar o efeito do revestimento com silicato de cálcio, em sementes de sorgo, quando submetidas em déficit hídrico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, de origem africana, cultivada em diversas regiões no mundo, inclusive no Brasil. Atualmente, o sorgo é o quinto cereal mais cultivado, só não possui uma produção mundial maior que trigo, arroz, milho e cevada (FAOSTAT, 2018).

A estimativa para o mês de fevereiro de 2019 é que a cultura do sorgo no país tenha tido uma área plantada de 787,6 mil hectares e uma produtividade de 2.472 kg/ha (CONAB, 2019). De acordo com Dan et al. (2010), a planta do sorgo se destaca, devido à tolerância em condições desfavoráveis de umidade no solo.

A introdução do sorgo no Brasil ocorreu no século XX, inicialmente utilizado em sucessão aos cultivos de verão, principalmente, como substituto do milho em seus vários usos. A maior parte da produção de sorgo no Brasil se concentra nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Oeste da Bahia, Triângulo Mineiro e São Paulo (Ribas, 2014).

Todos os sorgos de interesse comercial, independentemente de sua morfologia ou finalidade, pertencem ao gênero *Sorghum*. Os tipos de sorgos podem ser classificados em cinco grupos distintos: granífero; forrageiro; sacarino; biomassa e vassoura (Magalhães et al., 2014).

O sorgo é uma gramínea com ciclo C4, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requerem temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento. A

planta de sorgo tolera mais o déficit de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo (Magalhães et al., 2003).

De acordo com Magalhães et al. (2014), essa tolerância ao déficit hídrico pela planta está relacionada à estratégia de escape, através do sistema radicular que pode atingir 1,5 m de profundidade, com ramificações que conferem alta eficiência na extração de água do solo.

O ciclo da planta de sorgo, normalmente tem duração próxima de 120 dias, dividida em três fases: a 1ª fase tem início no semeio à iniciação da panícula; a 2ª fase compreende da iniciação da panícula e ao florescimento; já a 3ª fase começa na floração e vai a maturidade fisiológica da semente. Durante as três etapas de crescimento, a fotossíntese, o particionamento de fotoassimilados e a divisão e expansão celular devem estar ajustados, visando um bom rendimento da cultura (Magalhães et al., 2003).

Morfologicamente, o sorgo possui características de planta ereta e altura entre 1,20 m (granífero) até 5,30 m (biomassa). O sistema radicular é ramificado e profundo. O caule é do tipo colmo, dividido em nós, que podem variar entre 7 e 24. As folhas são largas e possuem depósito de substância cerosa na junção da bainha com o limbo, que reduz a perda de água na transpiração. A panícula é ereta, compacta e multiflora. O fruto do sorgo é do tipo cariopse ou grão seco que é constituído principalmente de amido (65%) e açúcar formado principalmente de sacarose. A quantidade de proteína varia de acordo com o cultivar e pode atingir até 18% em alguns deles (Pinho et al., 2014).

De acordo com Amaral et al. (2003), o sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante e após um estresse hídrico e, até mesmo, podem crescer mais rápido do que plantas que não sofreram estresse hídrico.

A planta de sorgo se adapta a uma gama de ambientes, principalmente sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria dos outros cereais. A tolerância ao déficit hídrico da cultura está relacionada à estratégia de escape, através de um sistema radicular profundo e ramificado de alta eficiência na extração de água do solo. Outra estratégia é a tolerância, relacionada ao nível bioquímico, onde a planta é capaz de reduzir o metabolismo, murchar e recuperar-se quando o estresse é interrompido (Magalhães et al., 2014).

2.2 Sorgo Granífero

Com a necessidade de redução de custo na alimentação animal, criadores de aves, suínos e bovinos proporcionaram um aumento na demanda pelo grão e forragem de sorgo, fazendo com que, nos últimos anos, a área cultivada com esta espécie se expandisse (Ribas, 2014).

Essa expansão ocorre também devido às suas características de tolerância à seca, a qual tem sido uma excelente opção para o plantio de sucessão a culturas de verão, consolidando-o como cultura rentável para épocas como a safrinha. Além de ser uma espécie pouco exigente em nutrientes e de baixo custo de produção (Parrella et al., 2014).

O sorgo é uma cultura resistente à seca e climas quentes, por essa razão é muito utilizado em sucessão de culturas na segunda safra. Entretanto, observa-se que a escolha do sorgo pelo produtor varia muito em virtude do mercado, e seu plantio só é definido após a conclusão do plantio do milho segunda safra (CONAB, 2019).

O sorgo granífero apresenta cultivares de porte baixo, de 1,00 até 1,50 m, aptos à colheita mecanizada de grãos. Os colmos são suculentos, não doces ou ligeiramente doces, porém, raramente secos, e grãos relativamente grandes e de cores variadas. Possuem inflorescências ou panículas de formas variadas comumente cilíndricas ou elípticas, semi-compactadas e semiabertas. Alguns cultivares apresentam grãos com tanino e são chamados de antipássaros (Ribas, 2014).

O grão de sorgo possui alta liquidez no mercado, pois conta com a mesma qualidade nutricional do milho. Porém, traz menor porcentagem de micotoxinas e menor custo de produção (Silva et al., 2010).

2.3 Sementes de sorgo

A germinação se inicia com a embebição da semente, a partir do quarto dia, com a primeira folha emitida, geralmente, a partir de sete dias (Pinho et al., 2014).

De acordo com Barros (2016), as sementes de sorgo possuem poucas reservas que promovem o desenvolvimento inicial, o que justifica o crescimento inicial lento da espécie, a qual é frágil nos primeiros trinta dias após semeadura.

Esse desenvolvimento inicial lento torna a planta de sorgo mais susceptível ao déficit hídrico e à competição com plantas daninhas na fase de estabelecimento da cultura (Ribas, 2014). Outro problema das sementes pequenas é a dificuldade de semeadura. Em situações com baixa umidade do solo e presença de torrões, a realização de uma semeadura uniforme é dificultada. Dessa forma, podem ocorrer falhas na germinação e redução na população de plantas, que resultam em perda de produtividade (Silva et al., 2008).

2.4. Déficit Hídrico

Com as constantes mudanças climáticas, aumento da população e consequente aumento na demanda por alimentos, o uso de culturas mais tolerantes ao déficit hídrico ou com mecanismos de adaptação a essa condição se tornou uma necessidade, com esse pensamento, o uso do sorgo seria uma alternativa. A água é essencial para o processo de germinação e desenvolvimento dos vegetais, sendo assim, o déficit hídrico tem sido considerado um dos principais fatores que limitam a produção (Fonseca et al., 2005). O sorgo é uma cultura resistente à seca e climas quentes, por isso é muito utilizado em sucessão de culturas na segunda safra (Parrella et al., 2014)

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos com a consequente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário.

A deficiência hídrica provoca alterações no desenvolvimento das plantas e da área foliar, e esta última determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade é severamente inibido quando exposta ao déficit hídrico (Santos e Carlesso, 1998). O estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem como a velocidade de germinação, com uma ampla variação de

respostas entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes (Bewley e Black, 1994).

Na cultura do sorgo, a fase mais crítica do ciclo de produção é o período compreendido entre a semeadura e o estabelecimento das plântulas (Medeiros et al., 2000).

Para Amorim (2018), ao revestir sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5 com silicato de cálcio, esse revestimento confere tolerância às sementes quando submetidas a estresse por déficit hídrico.

2.5 Revestimento de Sementes

Os sistemas de produção agrícola estão sempre em processo de evolução na qual existe uma demanda muito grande por inovações tecnológicas. Com isso, a técnica de revestimento de sementes ganha destaque, pois além de agregar valor às sementes, ela pode favorecer o desenvolvimento da cultura de interesse (Medeiros et al., 2004).

As técnicas de revestimento mais difundidas são de peletização (*seed pellet*), peliculação (*film coating*) e incrustação (Sampaio e Sampaio, 2009). E vêm sendo empregada há vários anos, porém, as informações sobre os materiais de composição e sua metodologia na aplicação ficam restritas somente às empresas que desenvolvem essa técnica (Silva et al., 2002). Esta técnica permite, através da aplicação de materiais inertes e materiais com funções adesivas, proporcionar algumas vantagens à semente, tais como aumentar o tamanho e alterar a forma, visando à semeadura mecânica, além de permitir a aplicação de nutrientes, fungicidas, inseticidas, herbicidas e microrganismos benéficos, buscando, assim, alcançar um melhor desempenho fisiológico da semente, assim como econômico (Sampaio et al., 1994; Carvalho e Nakagawa, 2012).

Apesar de provocar um atraso na germinação, alguns trabalhos indicam que sementes revestidas são uma excelente alternativa para a manutenção das características físicas e fisiológicas de sementes (Queiroga et al., 2007; Derré et al., 2013; Acha et al., 2016; Bianchi et al., 2017).

Para a realização do revestimento de sementes é utilizado um material de enchimento seco, de granulometria fina e um material adesivo (material cimentante) não fitotóxico e solúvel em água (Conceição e Vieira, 2008).

De acordo com Barros (2016), as tecnologias que visam aumentar o tamanho da semente e garantir o seu estabelecimento inicial no campo são extremamente importantes e trariam contribuições significativas para a agricultura brasileira. É possível encontrar na literatura estudos sobre a aplicação do revestimento em diversas sementes, porém, para a semente de sorgo ainda não existem muitos trabalhos.

O revestimento de sementes permite que sejam utilizadas menores quantidades de sementes, pois pode ser semeada de forma mais precisa, com a utilização de uma densidade mais adequada.

2.5.1 Material de enchimento

Atualmente, diversos trabalhos já foram realizados com objetivos de determinar quais os melhores materiais de enchimento para diferentes espécies. Porém, para sementes de sorgo ainda não existem estudos indicando quais são os melhores materiais e suas combinações

De acordo com Mendonça et al. (2007), materiais de enchimento são aqueles que se apresentam fisicamente estruturados, quando aplicados ao redor das sementes formando os péletes, conferindo o tamanho e a forma da partícula final resultante, além de constituir o meio físico pelo qual a água e gases absorvidos do meio ambiente se movimentem em direção à semente no centro do pélete.

Em relação aos materiais de enchimento encontrados, temos: a microcelulose, areia, calcário dolomítico, silicato de cálcio, *caulim*, carvão vegetal ativado, vermiculita, fubá de milho, farinha de trigo, polvilho de mandioca e amido de milho (Mendonça et al., 2007; Xavier et al., 2015).

Em trabalho realizado por Xavier et al. (2016), na qual foram testados diferentes materiais de enchimento (areia, calcário, silicato de cálcio e carvão vegetal) em sementes de estilosantes Campo Grande, os resultados mostraram que nenhum dos tratamentos prejudicou a qualidade fisiológica das sementes, onde o tratamento com silicato obteve destaque, proporcionando maior índice de velocidade de germinação e massa seca da parte aérea e da raiz das plantas.

2.5.2 Material adesivo ou cimentante

Os materiais adesivos tratam dos componentes do pélete que desempenham o papel de manterem unidas as partículas constituintes do material de enchimento. O material adesivo deve interferir pouco ou nada na porosidade do pélete conferida pelo material de enchimento (Mendonça et al., 2007).

Dentre os materiais adesivos mais utilizados tem-se a cola cascorez extra PVA (Xavier et al., 2015; Acha et al., 2016; Conceição et al., 2009).

De acordo Nascimento et al. (2009), o material cimentante deve apresentar afinidade com os demais ingredientes utilizados no revestimento; ser solúvel em água; não ser higroscópico, corrosivo e tóxico, atuar em baixa concentração; não ser pegajoso quando desidratado; ser possível de secar; formar solução de baixa viscosidade ao ser reidratado.

3. TRABALHOS

3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES MATERIAIS DE ENCHIMENTO NO REVESTIMENTO

RESUMO

Na cultura do sorgo, o método de propagação utilizado é a propagação por sementes, tornando indispensável a utilização de sementes de qualidade. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar as características físicas e fisiológicas de sementes de sorgo em função do revestimento com diferentes materiais. As sementes foram recobertas em drageadora de bancada, modelo N10 Newpack[®]. Os tratamentos utilizados no revestimento de sementes foram os seguintes: TR1: Calcário (100%); TR2: Calcário (75%) + Areia (25%); TR3: Calcário (50%) + Areia (50%); TR4: Calcário (25%) + Areia (75%); TR5: Areia (100%); TR6: Silicato de Cálcio (100%); TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%); TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%); TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%); TR10: SNR (Sementes não revestidas). Foram realizadas análises físicas e fisiológicas em laboratório e análises fisiológicas em casa de vegetação. O revestimento não prejudicou no desenvolvimento de plântulas de sorgo. O revestimento com 100% areia proporcionou um aumento na taxa de germinação

de sementes de sorgo. Revestimento com 100% silicato favoreceu a taxa de emergência.

ABSTRACT

In the sorghum crop, the propagation method used is seed propagation, making the use of quality seeds indispensable. The objective of this study was to evaluate the physical and physiological characteristics of sorghum seeds as a function of the coating with different materials. The seeds were coated in drageadora, N10 Newpack® model. The treatments used in seed coating were as follows: TR1: Limestone (100%); TR2: Limestone (75%) + Sand (25%); TR3: Limestone (50%) + Sand (50%); TR4: Limestone (25%) + Sand (75%); TR5: Sand (100%); TR6: Calcium Silicate (100%); TR7: Calcium silicate (75%) + Sand (25,%); TR8: Calcium silicate (50%) + Sand (50%); TR9: Calcium silicate (25%) + Sand (75%); TR10: SNR (Uncoated Seeds). Physical and physiological analyzes were performed in the laboratory and physiological analyzes in a greenhouse. The coating did not impair the development of sorghum seedlings. The 100% sand coating provided an increase in sorghum seed germination index. Coating with 100% silicate favored the emergency speed index.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se destaca no cenário nacional como uma alternativa ao milho na produção de grãos para alimentação animal, devido ao fato de ser uma espécie promissora para produção de grãos e por ser mais tolerância à seca (Silva et al., 2009, Silva et al., 2017).

O desenvolvimento inicial da espécie é lento, sendo frágil nos primeiros trinta dias após a semeadura, pois as sementes de sorgo possuem poucas reservas para promover o arranque inicial (Barros, 2016).

Esse desenvolvimento inicial lento torna a planta de sorgo mais susceptível ao déficit hídrico e à competição com plantas daninhas na fase de estabelecimento da cultura (Ribas, 2014). Outro problema das sementes pequenas é a dificuldade de semeadura. Em situações com baixa umidade do solo e presença de torrões é difícil realizar uma semeadura uniforme. Dessa forma, podem ocorrer falhas na germinação e redução na população de plantas, que resultam em perda de produtividade (Silva et al., 2008).

Na cultura do sorgo, o método de propagação utilizado é a propagação por sementes, tornando indispensável a utilização de sementes de qualidade. O uso de tecnologias como a técnica de revestimento, além de agregar valor, contribui para um bom desempenho das sementes.

A técnica de revestimento tem a vantagem de alterar o formato e o tamanho das sementes, deixando-a uniforme, e facilitando a semeadura (Acha et al., 2016). Para a realização do processo de revestimento é utilizado, basicamente, um material de enchimento seco, de granulometria fina e um material adesivo não fitotóxico e solúvel em água (Conceição et al., 2009).

Para se obter um bom revestimento, a escolha dos materiais de enchimento e adesivo e sua proporção se torna indispensável. Em relação aos materiais de enchimento mais utilizados, temos: areia, calcário dolomítico, silicato de cálcio, *caulim*, carvão vegetal ativado, entre outros. Já entre os materiais adesivos, o mais utilizado tem sido a cola cascorez extra (Mendonça et al., 2007; Xavier et al., 2015; Acha et al., 2016).

Nesse contexto, a proposta deste trabalho foi avaliar a resposta de sementes revestidas de sorgo granífero em função de diferentes materiais de enchimento e determinar a melhor proporção de material para o revestimento das sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no laboratório do Setor de Produção e Tecnologia de Sementes e na casa de vegetação da Unidade de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Foram utilizadas sementes comerciais de sorgo granífero BRS 330[®] (*Sorghum bicolor*) da empresa Priorizi Sementes[®]. As sementes possuem como características pureza e germinação mínima de 98% e 80%, respectivamente.

Para a realização do revestimento foi utilizado como material adesivo, a cola cascorez extra à base de polivinila (PVA). A cola à base de PVA foi diluída em água, previamente aquecida a 70°C, na proporção de 2:1 (v/v) para a utilização como adesivo. A escolha desta proporção entre cola e água foi fundamentada em testes preliminares.

Os materiais de enchimentos utilizados foram: calcário dolomítico de granulometria igual ou menor que 0,25 mm e com PRNT (poder relativo de neutralização total) – 85% a 90% e com MgO de 6% a 10%; silicato de cálcio e areia. Inicialmente, a areia foi peneirada com auxílio de uma peneira de arame com crivos retangulares de 0,25mm e lavada em água corrente para a retirada de partículas maiores presentes, deixando com granulometria de 0,25 mm e, em seguida, submetida à secagem em estufa de ventilação forçada por 24 horas a 105° C.

A escolha destes materiais de enchimentos está relacionada aos resultados encontrados por Mendonça et al. (2007), Xavier et al. (2015) e Guimarães (2016). De acordo com esses autores, esses materiais de enchimento apresentaram uma maior uniformidade à semente, menor perda de material

aplicados durante a metodologia de revestimento e melhores respostas nas características físicas.

Os tratamentos utilizados no revestimento de sementes foram os seguintes:

- TR1: Calcário dolomítico (100%)
- TR2: Calcário dolomítico (75%) + Areia (25%)
- TR3: Calcário dolomítico (50%) + Areia (50%)
- TR4: Calcário dolomítico (25%) + Areia (75%)
- TR5: Areia (100%)
- TR6: Silicato de Cálcio (100%)
- TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%)
- TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%)
- TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%)
- TR10: SNR (Sementes não revestidas)

O revestimento das sementes foi realizado com uma drageadora de bancada, modelo N10 Newpack[®] equipada com cuba em aço inox, regulada em 86 rpm; pistola de pintura para aplicação da solução adesiva acionada por ar comprimido trabalhando na pressão de 4 bar; sistema de secagem térmico ajustado em 50°C; temporizador para regular o tempo de funcionamento do secador.

O revestimento foi composto por 10 camadas do material de enchimento, sendo cada camada composta por 20,0 gramas, aplicada em duas porções de 10,0 gramas. Essa subdivisão dentro da camada é para ter uma melhor aplicação e homogeneização do material nas camadas. Foram feitos, no processo de revestimento, quatro repetições de 100,0 gramas de sementes, para cada repetição foram utilizados 200,0 gramas de material de enchimento.

Nos tratamentos, onde houve combinações de silicato ou calcário com areia, foi feita uma mistura para homogeneizar a porção de material de enchimento para a utilização no revestimento.

A metodologia do revestimento consistiu em colocar a repetição de sementes (100,0 gramas) dentro da cuba da drageadora em rotação. Em seguida, aplicou-se a solução adesiva (PVA) por dois segundos sobre as sementes e, após, foi adicionada a primeira porção de 10,0 gramas de material de enchimento e, mais uma vez, aplicou-se por dois segundos, a solução adesiva (PVA),

posteriormente adicionou-se a segunda porção (10,0 gramas) e, após, foi aplicada a solução adesiva por mais dois segundos. Ao final dessa aplicação, o soprador de ar quente a 50°C foi acionado por dois minutos. Este procedimento equivale a uma camada do revestimento, adaptada de Xavier et al., (2015).

Após o revestimento, as sementes foram avaliadas quanto às características físicas e fisiológicas, obtidas em laboratório e em casa de vegetação.

Características físicas avaliadas em laboratório

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

Grau de Umidade – Foi determinado com duas repetições por tratamento, pelo método da estufa a 105°C ± 3°C por 24 horas, em estufa de ventilação forçada (BRASIL, 2009), com resultados expressos em porcentagem (base úmida). A porcentagem da umidade foi calculada na base do peso úmido, utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Umidade (U)} = 100 (P - p) / (P - t)$$

Onde:

P = peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida;

p = peso final, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca;

t = tara, peso do recipiente com sua tampa.

Porcentagem de péletes múltiplos – Os péletes múltiplos de cada repetição foram separados com auxílio de peneiras com furos de 5,00 mm de diâmetro e, posteriormente, por separação visual. Os péletes múltiplos foram pesados em balança de precisão (0,0001 gramas) e o resultado expresso em porcentagem (%).

Porcentagem de material aderido sem péletes múltiplos (MASP) – Após o processo de revestimento, retirou-se os péletes múltiplos das repetições de

sementes revestidas e, em seguida, foram pesadas em balança de precisão (0,0001 gramas), e o resultado foi obtido através da fórmula:

$$\text{Em que: } \text{MASP} = \text{PF}_{\text{amostra}} / \text{PI}_{\text{amostra}} \times 100$$

MASP: Material aderido sem péletes múltiplos;

PF amostra: peso final da amostra após o revestimento sem os péletes múltiplos;

PI amostra: peso inicial da amostra, onde são considerados, o peso das sementes e o peso do material de enchimento.

Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Avaliação Digital pelo equipamento GroundEye®

As imagens obtidas possuem alta resolução e foram realizadas pelo equipamento GroundEye® (versão SAS mini). (Tbit, 2014).

Para realização da captura da imagem, foram colocadas 50 sementes por repetição na bandeja de leitura (bandeja de acrílico transparente do equipamento), perfazendo quatro repetições para cada tratamento de revestimento de sementes, além do controle.

Após a captura das imagens, as sementes foram analisadas pelo próprio equipamento, que forneceu os seguintes descritores de forma: Área, Diâmetro Máximo, Diâmetro Mínimo, Circularidade e Irregularidade do Contorno (Tbit, 2014), que foram calculados pelo *software* através das seguintes fórmulas:

Área

Corresponde à quantidade de espaço que a superfície de um objeto possui. É calculada através da seguinte fórmula: $A = \sum_{p \in R} 1$

Onde p representa um pixel da imagem e R os pixels do objeto a ser contabilizada a área. No presente trabalho, a área foi expressa em cm².

Diâmetro Máximo

Maior reta que passa pelo centroide da semente em centímetros. No presente trabalho os dados foram expressos em cm.

Diâmetro Mínimo

Menor reta que passa pelo centroide da semente em centímetros. No presente trabalho os dados foram expressos em cm.

Circularidade

Fator de forma circular mais sensível ao alongamento do objeto. Vale 1 para objetos circulares e menos de 1 para objetos com outras formas. Calculada através da seguinte fórmula:

$$C = 4 \cdot A \cdot \pi \cdot DM^2$$

Onde A representa a área e DM o diâmetro máximo.

Irregularidade do Contorno

Define o nível de afinamento do objeto. Calculada através da seguinte fórmula:

$$T = (2 \cdot PP - PC) - 1$$

Onde P representa o perímetro e PC o perímetro convexo.

Características fisiológicas avaliadas em laboratório

Teste de germinação – O teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, tendo como substrato o papel Germiteste, sendo as sementes dispostas entre papel em forma de rolo (RP). As sementes foram colocadas para germinar entre as folhas de germiteste, previamente umedecidas com água, o volume adicionado de água foi equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato. Os rolos foram colocados no interior de sacos de polietileno transparente, para manter a umidade. Os germinadores utilizados foram regulados à temperatura alternada de 20 – 30°C e fotoperíodo ajustado para 16 - 8 horas (escuro/luz), respectivamente. A contagem das plântulas normais foi realizada no 4º e 10º dia, após a instalação do teste (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação.

Teste de vigor

Índice de velocidade de germinação (IVG) – Foram efetuadas contagens diárias da germinação das sementes após o início do teste. Foram consideradas germinadas, as plântulas que apresentaram características normais de acordo com Brasil (2009). Para o cálculo do IVG, utilizou-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

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

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda até a última contagem;

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semente à primeira, segunda até a última contagem.

Características físicas e fisiológicas avaliadas em casa de vegetação

Foram efetuados em casa de vegetação os testes de emergência e IVE.

Teste de emergência – utilizou-se uma amostra de 50 sementes para cada repetição, sendo cada tratamento representado por quatro repetições. A sementeira foi efetuada em areia, dentro de bandejas plásticas, com profundidade média de 1 cm. A irrigação foi realizada sempre que necessária para manutenção da umidade do substrato. A contagem final de plântulas normais emergidas foi realizada no 28º dia após a sementeira, e o resultado expresso em porcentagem de plântulas emergidas.

Testes de vigor

Índice de velocidade de emergência (IVE) – Foi conduzido juntamente com o teste de emergência efetuando-se as contagens a cada dois dias, desde o início até o 28º dia após a semeadura. Para o cálculo do IVE foi utilizada a fórmula adaptada de Maguire (1962).

Biometria de parte aérea e raízes (BM) – As plântulas foram analisadas medindo-se o comprimento da parte aérea e sistema radicular, utilizou-se uma régua milimétrica. Para a medição, foram escolhidas aleatoriamente 10 plantas de cada repetição, separando a parte aérea da raiz.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) – utilizaram-se as plântulas do teste anterior (BM). A separação do sistema radicular da parte aérea foi definida como a base no colo. Posteriormente, cada material foi acondicionado em sacos de papel e levado para estufa de ventilação forçada, com temperatura de 65°C por setenta e duas horas (Silva e Queiroz, 2006). Após o período de secagem, os materiais passaram por resfriamento, em dessecador, para em seguida, cada repetição ser pesada em balança de precisão de 0,0001 gramas, e o resultado expresso em g.planta⁻¹.

Análise estatística

Em laboratório, o experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado – DIC, com dez tratamentos, cada tratamento teve quatro repetições totalizando 40 parcelas. Já o experimento em casa de vegetação foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados com 10 tratamentos e 4 blocos. Foram realizadas as casualizações para atender os princípios da estatística experimental. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors e teste de homogeneidade da variância de Cochran (1941) e Bartlett (1931).

Utilizou-se o programa SAEG 9.2 na realização das análises estatísticas, empregando análise de variância (ANOVA) dos dados pelo teste F a 5% de probabilidade e foram ajustadas equações de regressão das características avaliadas como variáveis dependentes dos níveis de concentração de material de enchimento. Quando significativo, foi empregado para os dados qualitativos teste de média a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

RESULTADOS

Avaliando o peso de mil sementes (PMS) de sorgo granífero (Tabela 1), os valores atribuídos às sementes revestidas foram superiores ao das sementes não revestidas (SNR), variando entre 44,06 gramas (TR5 – 100% areia) a 81,64 gramas (TR6 – 100% silicato), este último com aumento de 2,91 vezes o valor atribuído às sementes não revestidas (28,06 gramas).

Quanto à umidade presente das sementes (Tabela 1), foi possível observar que SNR se diferiram estatisticamente das sementes revestidas, obtendo valor de 11,8%, superior aos demais tratamentos. Entre as sementes revestidas, aquelas revestidas com 100% de areia (TR5) apresentaram os maiores valores de umidade, com 8,49%, sendo diferente dos demais revestimentos, tanto para revestimento com silicato quanto para calcário. Os demais revestimentos à base de silicato não diferiram entre si. Já em relação ao revestimento com calcário, TR1(100% calcário) e TR2 (75% silicato+25% areia) não se diferiram, sendo diferente de TR3 (50% silicato+50% areia) e de TR4 (25% silicato+75% areia).

Em relação à variável péletes múltiplos (PM) (Tabela 1), houve diferença significativa entre os tratamentos, na qual entre revestimentos à base de silicato, o destaque ficou para TR9 (25% silicato+75% areia) que obteve apenas 0,02 gramas de péletes múltiplos, os que obtiveram maior valor para essa variável foram TR6 (100% silicato) e TR7 (75% silicato+ 25% areia) com 7,90 gramas e 8,03 gramas, respectivamente, que não se diferenciam estatisticamente de TR8 (50% silicato+50% areia) e TR5 (100% areia). Já para os tratamentos com calcário, TR4 (25% calcário+75% areia) obteve o menor valor atribuído à variável PM com um valor de 0,31 gramas, diferindo estatisticamente apenas de TR1 (100% calcário) que alcançou 9,48 gramas.

Para a variável MASPM (material aderido sem péletes múltiplos) (Tabela 1), nos revestimentos à base de silicato, o maior valor obtido foi TR9 (25% silicato+75% areia) com 99,94%, sendo igual a TR8 (50% silicato+50% areia) e se diferindo dos demais revestimentos com silicato. O revestimento com 50%

silicato+50% areia não se diferiu, também, de TR6 (100% silicato), TR7(75% silicato+25% areia) e TR5(100% areia). Já para os revestimentos com calcário, o tratamento que apresentou maior valor de MASPM foi TR4 (25% calcário+75% areia) com 96,24%, se diferenciando apenas de TR1 (100% calcário).

O modelo de regressão que mais se ajustou para as diferentes concentrações de silicato na variável área foi o modelo polinomial de terceira ordem (Figura 1A). Para as diferentes concentrações de calcário, houve um efeito linear de regressão (Figura 1B). Em relação à área da semente (cm^2) analisando os tratamentos à base de silicato (Tabela 2), TR6 ($0,194 \text{ cm}^2$) se diferiu estatisticamente de todos os demais tratamentos e sementes não revestidas (SNR), com $0,105 \text{ cm}^2$. Nos revestimentos com calcário (Tabela 2), TR1 ($0,168 \text{ cm}^2$) e TR2 ($0,163 \text{ cm}^2$) se diferiram estatisticamente dos demais tratamentos e de SNR.

O modelo de regressão linear se ajustou para a variável diâmetro máximo em diferentes concentrações de silicato (Figura 2A), e diferentes concentrações de calcário (Figura 2B). Observaram-se maiores valores ($0,518 \text{ mm}$) para TR6 em função do revestimento com silicato, sendo diferente das demais concentrações de silicato e de SNR em função do diâmetro máximo (Tabela 2). Para o revestimento com concentrações de calcário, TR1 (100% calcário) e TR2 (75% calcário+25% areia) foram superiores estatisticamente aos demais revestimentos, com médias de $0,488 \text{ mm}$ e $0,479 \text{ mm}$, respectivamente. O menor valor observado foi em SNR ($0,348 \text{ mm}$).

Para a variável diâmetro mínimo, o modelo de regressão que mais se ajustou para as diferentes concentrações de silicato foi o modelo polinomial de terceira ordem (Figura 3A). Em função das concentrações de calcário foi ajustado o modelo polinomial de segunda ordem para diâmetro mínimo. (Figura 3B). Sementes não revestidas apresentaram os menores valores ($0,344 \text{ mm}$) para diâmetro mínimo, seguida de TR5 ($0,388 \text{ mm}$) (Tabela 2). Para as sementes de sorgo revestidas com as diferentes concentrações de silicato, o revestimento com 100% de silicato se diferiu dos demais, alcançando o valor de $0,47 \text{ mm}$. Para o revestimento com diferentes concentrações de calcário, o maior valor observado foi TR1, seguido de TR2, que não diferiram entre si. Na medida em que se diminui a concentração do silicato e calcário no revestimento, o valor do diâmetro máximo e diâmetro mínimo foram diminuindo.

O modelo de regressão polinomial de terceira ordem foi o que melhor se ajustou para variável circularidade (Figura 4A). O revestimento com 25% silicato+75% areia apresentou maior circularidade em relação ao revestimento com 100% areia, não diferindo das demais concentrações de silicato. Em função do revestimento com calcário, foi possível verificar efeito no modelo de regressão polinomial de segunda ordem (Figura 4B), em que a circularidade aumenta até o tratamento com 75% calcário+25% areia, e no revestimento com 100% calcário há um decréscimo na circularidade das sementes.

Na tabela 2 observou-se que sementes de sorgo revestidas com diferentes concentrações de silicato não diferiram entre si e também de sementes não revestidas (SNR) para a variável circularidade, apresentando valores próximos a 1, sendo diferente somente de TR5 (100% areia). Para o revestimento a base de calcário, sementes de sorgo não revestidas tiveram um valor de 0,911 para o índice de circularidade, não se diferenciando dos revestimentos com 100% calcário (TR1), com 75% calcário (TR2) e com 50% calcário (TR3). Para os revestimentos com calcário, houve diferença entre SNR, TR4 (25% calcário+75% areia) e TR5 (100% areia).

Na variável irregularidade do contorno para sementes de sorgo revestidas com diferentes concentrações de silicato (Figura 5A), o modelo de regressão foi ajustado para um modelo polinomial decrescente de segunda ordem. Para o revestimento à base de calcário (Figura 5B) foi possível observar um efeito linear decrescente na irregularidade do contorno. Para esta variável (Tabela 2), os revestimentos com diferentes concentrações de silicato não diferiram entre si e de sementes não revestidas, sendo diferentes somente do revestimento com 100% de areia (TR5), esse com o maior valor (0,043).

Em relação ao revestimento à base de calcário, para a variável irregularidade do contorno, o revestimento com 100% calcário (TR1) apresentou um índice de 0,026, sendo igual aos tratamentos TR2 (75% calcário+25% areia), TR3 (50% calcário+50% areia) e SNR (sementes não revestidas). O revestimento com 100% areia apresentou o maior valor para o índice de irregularidade do contorno.

Analisando dados relativos às características fisiológicas em laboratório (Tabela 3), para a variável PG (porcentagem de germinação) houve destaque para as sementes revestidas com 100% de areia, as quais alcançaram o maior

valor de germinação observado (90,0%), se diferenciando dos tratamentos à base de silicato TR6 (78,5%) e TR9 (77,5%). Entre as sementes revestidas com calcário não houve efeito significativo do aumento da germinação em relação às sementes não revestidas, que apresentaram germinação média de 83,0%.

Para Índice de Velocidade de Germinação (IVG) presente na tabela 3, o maior valor observado foi em sementes não revestidas com um IVG de 22,16, não se diferenciando de TR5 (20,66). Em relação ao revestimento com silicato, TR6 (100% silicato) obteve uma média de 18,56, sendo diferente apenas de TR9 (25% silicato+75% areia). Apesar de não ter se diferenciado dos demais revestimentos à base de silicato, houve um ganho não significativo para IVG no tratamento com 100% de silicato. Já para os revestimentos com calcário, os revestimentos não diferiram entre si, somente de sementes não revestidas e de TR5 (100% areia).

Com relação às análises em casa de vegetação (Tabela 3), para a variável porcentagem de emergência (PE), os resultados mostram que não houve diferença significativa entre as sementes de sorgo revestidas com silicato. Sementes não revestidas obtiveram uma média de 63,0% e a maior média observada para as sementes revestidas foi obtida com 100% de silicato TR6 (68,5%), um ganho não significativo na porcentagem de emergência. Para as sementes revestidas com calcário, também não havendo diferença significativa entre as diferentes concentrações de calcário e sementes não revestidas, porém, houve um decréscimo não significativo na porcentagem de emergência.

Na tabela 3, é possível observar que na variável Índice de Velocidade de Emergência (IVE), para o revestimento à base de silicato, TR6 (100% silicato) obteve um valor de 6,74, não se diferenciando de sementes não revestidas que tiveram 5,73, apesar de não se diferirem, houve um ganho não significativo para índice de velocidade de emergência. O revestimento com 100% de silicato foi superior aos tratamentos TR5 (100% areia), TR8 (50% silicato+50% areia) e TR9 (25% silicato+75% areia). Ainda, na tabela 3, em função da concentração de calcário, não houve diferença significativa para índice de velocidade de emergência.

Analisando a tabela 4, é possível observar que para a variável CPA (comprimento da parte área), os diferentes tipos de revestimentos à base de silicato não se diferiram de sementes não revestidas (SNR). Com relação ao revestimento com calcário para a variável CPA, não houve diferença significativa

de SNR para os revestimentos com diferentes concentrações de calcário, porém, foi observado um aumento não significativo do comprimento da parte aérea em TR1 (100% calcário) e TR4 (25% calcário+75% areia).

Para a variável Massa Seca da parte aérea (MSPA) (Tabela 4), observou-se que não houve diferença significativa para os revestimentos à base de silicato ou calcário em comparação às sementes não revestidas.

Na tabela 4, ainda são apresentadas as análises biométricas para as variáveis CSR (comprimento do sistema radicular) e MSR (massa seca do sistema radicular), sendo possível observar que não houve diferença dos revestimentos, seja com silicato ou calcário, em relação às sementes não revestidas para as variáveis analisadas.

DISCUSSÕES

As sementes de sorgo granífero revestidas tendem a apresentar um maior PMS, quando comparadas a sementes não revestidas, como indicado nos resultados, porém, neste trabalho, não houve aumento progressivo de PMS à medida que se aumentou a concentração de silicato ou calcário.

Sousa (2016) obteve resultados semelhantes ao revestir sementes de vinhático, tendo um aumento de 1,46 vezes no tamanho de sementes não revestidas, utilizando como material de enchimento, a combinação de areia + silicato, e um aumento de 1,78 vezes para o revestimento com silicato. Xavier et al. (2015), também, observaram aumento no PMS em sementes revestidas de estilosantes com acréscimo de 1,55 a 2,3 vezes, em comparação às sementes não revestidas. O valor obtido de PMS para o revestimento com 100% de areia reforça a ideia de que esse revestimento não teve uma boa aderência dos materiais no processo de revestimento.

Porém, em trabalho realizado por Silva (2017), avaliando o revestimento com diferentes materiais em sementes de estilosantes Campo Grande, o revestimento que obteve o maior valor de PMS foi com areia.

A quantidade de material de enchimento utilizado na cuba da drageadora para o revestimento foi igual (200gramas) para todos os tratamentos, porém, a densidade desses materiais é diferente. A menor densidade encontrada é da

areia com aproximadamente $1,5 \text{ g/cm}^3$, já o silicato de cálcio e calcário dolomítico com $2,1 \text{ g/cm}^3$ e $2,87 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Para Silva (2017), por possuírem distintas densidades e propriedades físicas, esses materiais possuem comportamento específico ao serem utilizados para revestir sementes.

Sementes revestidas apresentaram menores valores para umidade em comparação com sementes não revestidas - SNR. Resultados semelhantes foram encontrados por Xavier et al. (2015), Guimarães (2016) e Silva (2017). De acordo com Amorim (2018), Conceição et al. (2009), o valor de umidade baixo para sementes revestidas está relacionado com o próprio revestimento e não às sementes propriamente. Xavier et al. (2015) que utilizaram a temperatura de 40°C para secagem no processo de revestimento, afirmam que foi suficiente para a secagem da água aplicada pela solução adesiva durante o revestimento em sementes de soja perene. No presente trabalho, a temperatura utilizada foi de 50°C .

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), sementes com teor de água acima de 12-14% podem ter a respiração ativa aumentada acima de valores indesejados, ocasionando a diminuição do vigor e eventuais quedas de germinação, além do desenvolvimento de fungos e microrganismos, principalmente nas sementes danificadas mecanicamente e por insetos.

No processo de revestimento de sementes de sorgo, foi possível reduzir o teor de água nas sementes revestidas, indicando que o processo de secagem durante o revestimento foi eficiente, o que diminui a chance de perda de vigor destas sementes.

As sementes de sorgo granífero revestidas com 25% de silicato + 75% de areia (TR9) foi o revestimento que apresentou o menor valor para a formação de péletes múltiplos, não se diferindo somente de TR8 (50% silicato + 50% areia). Por possuir partículas menores em comparação a areia, os revestimentos com maiores concentrações de silicato tiveram maior aderência do material na formação das camadas, ocasionando saturação do material e elevando a formação de péletes múltiplos, além de uma perda de material que ficou aderido à cuba da drageadora.

No revestimento com diferentes concentrações de calcário, o revestimento com menor formação de péletes múltiplos observados foi em TR4

(25% calcário + 75% areia) com 0,31%, no entanto, diferindo somente de TR1 (100% calcário).

O tratamento com 100% areia obteve um valor baixo para as formações de péletes múltiplos, porém, foi um tipo de revestimento que obteve uma menor porcentagem de material aderido sem péletes múltiplos, além de ter obtido um valor inferior aos demais para PMS, o restante desse material ficou perdido aderido à cuba da drageadora e perdido no processo de secagem das sementes revestidas.

O ideal no processo do revestimento é obter um lote de sementes com o mínimo possível de péletes múltiplos, uma vez que os PM além de serem péletes maiores, possuem duas ou mais sementes unidas, podendo prejudicar a semeadura. No sorgo granífero é fundamental regular a densidade de semeio, sendo assim, ao possuir duas ou mais sementes no pélete, ocasionaria aumento na densidade na linha de semeio, podendo atrapalhar o máximo rendimento da lavoura. Aliado a este fato, os PM são sementes sem padrão no formato e que não teriam uma boa aceitação no mercado.

Segundo Baroni (2018), a formação de péletes múltiplos é normalmente ocasionada pela elevada concentração de material cimentante, aumentando o poder adesivo da solução, dificultando a movimentação das sementes dentro da cuba da drageadora, fazendo com que as sementes se agreguem umas às outras, formando os péletes múltiplos.

Acredita-se que seja importante a apresentação de uma semente comercialmente aceitável pelo agricultor, além de colaborarem no desenvolvimento da espécie, e sementes revestidas podem contribuir para isso.

Considerando a retirada dos péletes múltiplos, observou-se que TR9 (25% silicato+75% areia) foi o tratamento que teve maior aderência de material de enchimento, isso corrobora o resultado obtido em relação aos péletes múltiplos, pois o mesmo tratamento foi o que obteve a menor perda em função da formação dos péletes múltiplos.

A área das sementes revestidas aumentou de maneira diferente para as sementes revestidas com silicato e calcário, sendo que a área das sementes revestidas com silicato alcançou valor maior (Figura 1A e 1B). Normalmente, a semeadura do sorgo é realizada de forma mecânica, e um dos problemas que surgem é devido ao tamanho das sementes, podendo cair mais de uma semente

no furo do disco de semeio. Com o aumento da área das sementes, isso pode ser evitado e o agricultor terá uma maior eficiência na semeadura.

Amorim (2018), avaliando características físicas, como área de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 revestidas com diferentes números de camadas, constatou que houve saturação dos materiais em tratamentos com oito, dez e doze camadas. O revestimento do presente trabalho foi realizado com 10 camadas, obtendo um comportamento similar.

Analisando os dados relativos a diâmetro mínimo (cm) (Figura 2) e diâmetro máximo (cm) (Figura 3) para revestimento com diferentes concentrações de silicato ou calcário, todos os tipos de revestimento apresentaram valores superiores ao de sementes não revestidas. Silva (2017), ao revestir sementes de estilosantes cv. Campo Grande, com diferentes concentrações e materiais de enchimento, observou comportamento semelhante, em que o revestimento conferiu um aumento na área, diâmetro máximo e diâmetro mínimo em comparação às sementes não revestidas.

De acordo com Xavier et al. (2015), a areia confere ao recobrimento maiores incrementos no Diâmetro máximo e Diâmetro mínimo, sendo justificado pelo tamanho das partículas do material, de 0,25 cm. Porém, no presente trabalho, o revestimento com 100% de areia não apresentou o maior valor para estas variáveis.

O índice de circularidade quer dizer o quanto a semente se aproxima de uma forma circular, o revestimento aumentou a circularidade (Figura 4) das sementes revestidas, tanto para silicato, quanto para calcário.

Para Silva (2017), a combinação de areia e silicato no revestimento de estilosantes mostrou-se favorável à manutenção das características físicas do revestimento, conferindo formato mais circular e aumento do tamanho da semente. Além dessas características, a cor obtida pelo revestimento favorece a visualização das sementes durante o semeio e confirmação da distribuição adequada da semente.

O revestimento com 100% areia, foi o único tratamento que causou aumento significativo da irregularidade do contorno (Tabela 2). A inclusão de proporções crescentes de silicato e calcário no revestimento promoveu a redução da irregularidade do contorno das sementes revestidas, fazendo com que elas se igualassem às sementes não revestidas (Figura 5A e 5B).

A irregularidade do contorno é uma medida inversa ao afinamento, que é definido por Gonzalez e Woods (2011), como uma técnica de afinamento usada para obter o esqueleto de uma imagem através de seu afinamento. Quanto maior o afinamento de um objeto, menor irregularidade do contorno ele terá. Neste sentido, os resultados encontrados para irregularidade do contorno nos mostram o quão importante é o revestimento para as qualidades físicas das sementes, pois obtiveram valores menores para esta variável. A obtenção de sementes menos irregulares pode facilitar na operação da semeadura.

Características físicas das sementes como tamanho e forma são fundamentais para a utilização de equipamentos na semeadura, agregando valor econômico ao produto, além de melhorar a qualidade das sementes, reduzindo custos com mão de obra e otimização no processo de regulação das máquinas para o semeio (Pê et al., 2003).

Em relação às características fisiológicas em laboratório (Tabela 3), observou-se aumento não significativo da germinação.

Os maiores valores de germinação observados com o revestimento de areia estão relacionados à maior granulometria da areia e maior porosidade do revestimento, facilitando a entrada de água na semente e, desta forma, favorecendo a germinação. O silicato e calcário possuem granulometria mais fina, resultando em revestimento maiores, o que causou a redução não significativa da germinação observada na tabela 3. De acordo com Sousa (2016), ocorre a diminuição da velocidade de embebição em sementes revestidas e, como consequência, há atraso na germinação.

Bianchi et. al., (2017) compararam o efeito de sementes revestidas (revestimento comercial) e não revestidas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, e observaram que os valores de IVG e porcentagem de germinação não diferiram estatisticamente entre as sementes. Guimarães (2016) encontrou maior IVG para sementes de *Brachiaria brizantha* cv. MG5, quando revestidas com silicato de cálcio (50%) + areia (50%).

Esse resultado pode estar relacionado à umidade adquirida pelo revestimento de silicato, na medida em que o revestimento entrava em contato com o substrato molhado, ele absorvia a água e com isso ele se fragmentou facilmente, favorecendo, assim, para absorção de água da semente, embebendo e podendo ter um índice de velocidade de germinação maior do que os demais

revestimentos. Xavier et al., (2015) observaram em sementes de estilosantes da cv. Campo Grande revestidas com silicato de cálcio+carvão+areia, se desmanchava de forma mais rápida que os outros revestimentos, quando em contato com a água. Para Nascimento et al. (2009), alguns materiais podem favorecer a difusão de gases e água entre a semente e meio externo.

De acordo com Silva (2017), esse comportamento está relacionado ao tamanho das partículas dos materiais de enchimento utilizados no revestimento, pois eles influenciam diretamente no tamanho dos poros do revestimento, dificultando as trocas gasosas e a embebição, tão importantes para o processo de germinação.

Para a variável emergência (Tabela 3) não houve efeito significativo dos tratamentos, entretanto, o revestimento com 100% silicato (TR6) obteve o maior valor observado, mostrando potencial para utilização desse tipo de revestimento para sementes de sorgo. Na variável, índice de velocidade de germinação (IVE), também se destacou o TR6, mostrando um aumento não significativo da velocidade de emergência. Os tratamentos com diferentes concentrações de calcário não diferiram entre si e nem de sementes não revestidas.

Em condições ideais simuladas em laboratório, o revestimento com 100% de silicato não teve os melhores resultados, porém, em condições de casa de vegetação, onde há um maior estresse climático, se destacou. Amorim (2018), avaliando a resposta de sementes *Brachiaria brizantha* revestidas com silicato de cálcio, observou que esse tipo de revestimento apresentou o maior percentual de emergência submetida a estresse hídrico.

Segundo Guimarães (2016), o efeito positivo dos silicatos é normalmente associado ao aumento na disponibilidade do Si-solúvel, efeito sobre o pH e, também, dos micronutrientes que estes produtos podem conter. O silício pode atuar, ainda, na redução do Fe e Mn tóxicos para as plantas. Com esse efeito, pode promover aumentos na germinação e emergência.

O silicato pode conferir às sementes e às plantas a capacidade de se adaptarem a condições adversas, aumentando a absorção de água nas sementes. As plantas que crescem em ambiente rico em silício tendem a se diferenciarem daquelas presentes em condições de deficiência, principalmente quanto à tolerância a fatores bióticos e abióticos (Epstein, 1994; Rodrigues et al., 2011).

Na tabela 4, é possível observar que os diferentes materiais em concentrações utilizadas no revestimento não afetaram o comprimento da parte aérea (CPA), a massa seca da parte aérea (MSPA), o comprimento do sistema radicular (CSR) e a massa seca do sistema radicular (MSR). Esse resultado corrobora com alguns autores, que concluíram que o revestimento não prejudica o desenvolvimento das plântulas (Silva et al., 2002; Guimarães, 2016; Amorim, 2018). Esses dados são interessantes, pois mostram que o revestimento poderá ser utilizado como base para aplicação de algum insumo agrícola na semente, como nutrientes, fungicidas, inseticidas ou reguladores de crescimento.

CONCLUSÕES

À medida que se aumentou a proporção de silicato e calcário no revestimento de sementes de sorgo, verificou-se o aumento do PMS, da área, diâmetro mínimo, diâmetro máximo e redução do teor de água.

O revestimento promoveu o aumento do tamanho da semente de sorgo sem prejuízo para a germinação e emergência de plantas.

O revestimento com 100% de silicato promove melhor desempenho para a emergência e índice de velocidade de emergência de sementes de *Sorghum bicolor*.

O revestimento das sementes não prejudicou o desenvolvimento das plântulas de *S. bicolor*.

Tabela 1. Peso de mil sementes (PMS) (g), umidade, percentual de péletes múltiplos (PM) e porcentagem de material aderido sem péletes múltiplos (MASPM) de sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) não revestidas (SNR) e revestidas com silicato e calcário em diferentes proporções com areia

CARACTERÍSTICAS	MATERIAL DE REVESTIMENTO	CONCENTRAÇÕES DO MATERIAL DE REVESTIMENTO (%)					
		SNR	0	25	50	75	100
PMS (g)	SILICATO			73,11	75,80	72,59	81,64
	----- CALCÁRIO	28,06	44,06	58,08	66,71	73,74	71,65
UMIDADE (%)	SILICATO	11,80 A (±0,02)	8,49 B (±0,07)	5,39 C (±0,11)	5,14 C (±0,06)	5,25 C (±0,05)	5,05 C (±0,02)
	----- CALCÁRIO	11,80 A (±0,02)	8,49 B (±0,07)	6,66 C (±0,05)	6,02 D (±0,19)	5,26 E (±0,05)	5,52 E (±0,19)
PM (%)	SILICATO	---	2,88 A (±3,05)	0,02 B (±0,05)	3,20 AB (±2,23)	8,03 A (±4,88)	7,90 A (±2,47)
	----- CALCÁRIO	---	2,88 B (±3,05)	0,31 B (±0,50)	2,92 B (±2,92)	4,24 AB (±2,14)	9,48 A (± 2,57)
MASPM (%)	SILICATO	---	90,38 B (±3,65)	99,94 A (±0,06)	96,73 AB (±2,23)	91,67 B (±5,00)	91,48 B (± 2,25)
	----- CALCÁRIO	---	90,38 BC (±3,65)	96,24 AB (±2,80)	95,5 ABC (±5,55)	95,25 ABC (±2,43)	89,39 C (± 2,38)

Legenda: TR1: Calcário (100%); TR2: Calcário dolomítico (75%) + Areia (25%); TR3: Calcário dolomítico (50%) + Areia (50%); TR4: Calcário dolomítico (25%) + Areia (75%); TR5: Areia (100%); TR6: Silicato de Cálcio (100%); TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%); TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%); TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%); TR10: SNR (Sementes não revestidas); * Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem entre si, segundo o Teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Tabela 2. Análises biométricas pelo equipamento GroundEye® por meio da área, diâmetro máximo, diâmetro mínimo, circularidade e irregularidade do contorno em sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) não revestidas (SNR) e revestidas com silicato e calcário em diferentes proporções com areia

CARACTERÍSTICAS	MATERIAL DE REVESTIMENTO	CONCENTRAÇÕES DO MATERIAL DE REVESTIMENTO (%)						REGRESSÃO	R ²
		SNR	0	25	50	75	100		
ÁREA	SILICATO	0,105 D (±0,001)	0,142 C (±0,005)	0,168 B (±0,004)	0,172 B (±0,002)	0,173 B (±0,006)	0,194 A (±0,002)	$\hat{Y} = 2E-07x^3 - 4E-05x^2 + 0.0018x + 0.141$	0,99*
	CALCÁRIO	0,105 D (±0,001)	0,142 C (±0,005)	0,150 BC (±0,006)	0,152 B (±0,004)	0,163 A (±0,002)	0,168 A (±0,002)	$\hat{Y} = 0.142 + 0.003X$	0,97*
DIÂMETRO MÁX.	SILICATO	0,348 D (±0,001)	0,458 C (±0,008)	0,479 B (±0,006)	0,487 B (±0,005)	0,490 B (±0,009)	0,518 A (±0,005)	$\hat{Y} = 6E-07x^3 - 0.0001x^2 + 0.0062x + 0.34$	0,99*
	CALCÁRIO	0,348 C (±0,001)	0,458 B (±0,008)	0,463 B (±0,009)	0,464 B (±0,004)	0,479 A (±0,004)	0,488 A (±0,006)	$\hat{Y} = 0,0003x + 0,454$	0,91*
DIÂMETRO MÍN.	SILICATO	0,344 D (±0,001)	0,388 C (±0,008)	0,441 B (±0,007)	0,447 B (±0,003)	0,444 B (±0,009)	0,470 A (±0,004)	$\hat{Y} = -2E-05x^2 + 0.0027x + 0.35$	0,84*
	CALCÁRIO	0,344 D (±0,004)	0,388 C (±0,008)	0,406 B (±0,008)	0,411 B (±0,009)	0,428 A (±0,003)	0,434 A (±0,004)	$\hat{Y} = -1E-05x^2 + 0.002x + 0.35$	0,93*
CIRCULARIDADE	SILICATO	0,911 A (±0,004)	0,860 B (±0,014)	0,931 A (±0,006)	0,927 A (±0,007)	0,918 A (±0,012)	0,916 A (±0,006)	$\hat{Y} = 4E-07x^3 - 8E-05x^2 + 0.0045x + 0.8608$	0,99*
	CALCÁRIO	0,911 A (±0,004)	0,860 C (±0,014)	0,888 B (±0,009)	0,900 AB (±0,011)	0,904 AB (±0,005)	0,898 AB (±0,012)	$\hat{Y} = -9E-06x^2 + 0.0012x + 0.8607$	0,99*
IRREGULARIDADE	SILICATO	0,028 B (±0,0003)	0,043 A (±0,008)	0,028 B (±0,0003)	0,026 B (±0,0005)	0,026 B (±0,0001)	0,026 B (±0,0003)	$\hat{Y} = 4E-06x^2 - 0.0005x + 0.0416$	0,93*
	CALCÁRIO	0,028 BC (±0,0003)	0,043 A (±0,008)	0,034 B (±0,001)	0,030 BC (±0,0005)	0,028 BC (±0,001)	0,026 C (±0,0005)	$\hat{Y} = -0.0002x + 0.0402$	0,88*

Legenda: TR1: Calcário (100%); TR2: Calcário dolomítico (75%) + Areia (25%); TR3: Calcário dolomítico (50%) + Areia (50%); TR4: Calcário dolomítico (25%) + Areia (75%); TR5: Areia (100%); TR6: Silicato de Cálcio (100%); TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%); TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%); TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%); TR10: SNR (Sementes não revestidas); * Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem entre si, segundo o Teste de Tukey (P≤0,05)

Tabela 3. Porcentagem de germinação (PG), índice de germinação (IVG), porcentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) revestidas com silicato e calcário em diferentes proporções com areia

CARACTERÍSTICAS	MATERIAL DE REVESTIMENTO	CONCENTRAÇÕES DO MATERIAL DE REVESTIMENTO (%)					
		SNR	0	25	50	75	100
PG	SILICATO	83,0 AB (±3,82)	90,0 A (±4,32)	77,5 B (±2,51)	84,5 AB (±5,2)	80,5 AB (±4,43)	78,5 B (±7,54)
	CALCÁRIO	83,0 A (±3,82)	90,0 A (±4,32)	88,0 A (±3,26)	86,0 A (±4,32)	88,0 A (±6,32)	88,5 A (±5,97)
IVG	SILICATO	22,16 A (±0,95)	20,66 AB (±0,88)	14,12 D (±0,92)	16,79 CD (±1,49)	16,40 CD (±0,72)	18,56 BC (±1,58)
	CALCÁRIO	22,16 A (±0,95)	20,66 A (±0,88)	15,79 B (±0,99)	15,48 B (±2,04)	14,46 B (±1,45)	15,18 B (±0,81)
PE	SILICATO	63,0 A (± 9,5)	59,5 A (±1,0)	56,0 A (±9,5)	53,0 A (±8,2)	61,0 A (±12,9)	68,5 A (±7,3)
	CALCÁRIO	63,0 A (±9,5)	59,5 A (±1,0)	59,5 A (±3,0)	56,5 A (±13,4)	50,0 A (±5,8)	57,5 A (±11,8)
IVE	SILICATO	5,73 AB (±1,27)	4,99 B (±0,17)	4,39 B (±0,79)	4,41 B (±0,69)	5,37 AB (±1,32)	6,74 A (±0,84)
	CALCÁRIO	5,73 A (±1,27)	4,99 A (±0,17)	4,77 A (±0,23)	4,63 A (±1,10)	4,05 A (±0,50)	4,66 A (±0,87)

Legenda: TR1: Calcário (100%); TR2: Calcário dolomítico (75%) + Areia (25%); TR3: Calcário dolomítico (50%) + Areia (50%); TR4: Calcário dolomítico (25%) + Areia (75%); TR5: Areia (100%); TR6: Silicato de Cálcio (100%); TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%); TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%); TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%); TR10: SNR (Sementes não revestidas); * Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem entre si, segundo o Teste de Tukey (P≤0,05)

Tabela 4, Análise biométrica por meio do comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de parte aérea (MSPA), comprimento do sistema radicular (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSR) de plântulas de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) emergidas de sementes não revestidas (SNR) e revestidas com silicato e calcário em diferentes proporções com areia

CARACTERÍSTICAS	MATERIAL DE REVESTIMENTO	CONCENTRAÇÕES DO MATERIAL DE REVESTIMENTO (%)					
		SNR	0	25	50	75	100
CPA (cm)	SILICATO	29,40 A (±2,82)	27,16 A (±2,20)	29,13 A (±0,94)	27,59 A (±3,55)	28,07 A (±0,61)	27,72 A (±1,01)
	CALCÁRIO	29,40 AB (±2,82)	27,16 B (±2,20)	30,16 AB (±3,21)	29,29 AB (±0,82)	28,77 AB (±1,42)	31,41 A (±2,03)
MSPA (g)	SILICATO	1,07 A (±0,17)	0,99 A (±0,24)	1,10 A (±0,13)	0,92 A (±0,21)	1,08 A (±0,09)	0,98 A (±0,09)
	CALCÁRIO	1,07 A (±0,17)	0,99 A (±0,24)	1,20 A (±0,36)	1,14 A (±0,11)	1,05 A (±0,08)	1,20 A (±0,22)
CSR (cm)	SILICATO	30,87 A (±4,13)	25,32 A (±3,23)	28,89 A (±2,99)	26,46 A (±1,77)	28,54 A (±10,65)	22,89 A (±3,59)
	CALCÁRIO	30,87 A (±4,13)	25,32 A (±3,23)	31,49 A (±8,34)	29,72 A (±2,90)	27,76 A (±4,49)	30,59 A (±5,07)
MSR (g)	SILICATO	0,77 A (±0,16)	0,66 A (±0,17)	0,85 A (±0,27)	0,64 A (±0,05)	0,81 A (±0,09)	0,75 A (±0,09)
	CALCÁRIO	0,77 A (±0,16)	0,66 A (±0,17)	0,90 A (±0,24)	0,84 A (±0,11)	0,83 A (±0,24)	0,92 A (±0,08)

Legenda: TR1: Calcário (100%); TR2: Calcário dolomítico (75%) + Areia (25%); TR3: Calcário dolomítico (50%) + Areia (50%); TR4: Calcário dolomítico (25%) + Areia (75%); TR5: Areia (100%); TR6: Silicato de Cálcio (100%); TR7: Silicato de cálcio (75%) + Areia (25%); TR8: Silicato de cálcio (50%) + Areia (50%); TR9: Silicato de cálcio (25%) + Areia (75%); TR10: SNR (Sementes não revestidas);

* Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem entre si, segundo o Teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

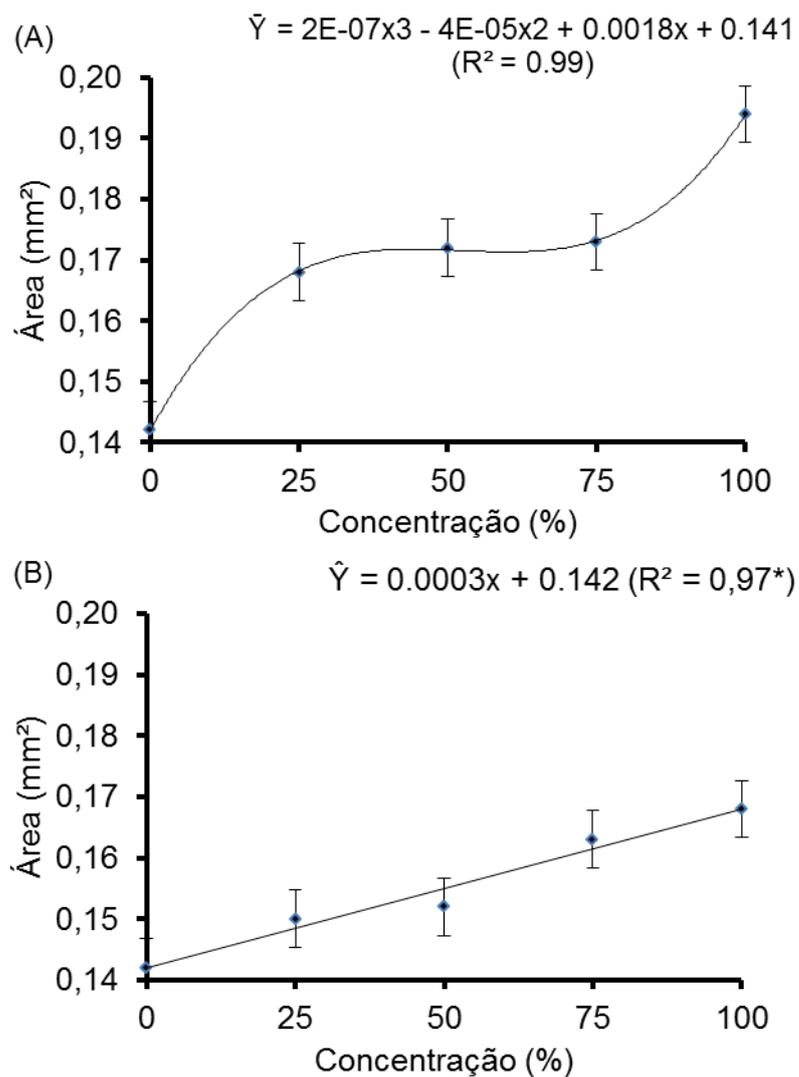


Figura 1 – Área de sementes de sorgo revestidas com (A) silicato e (B) calcário em função de diferentes concentrações.

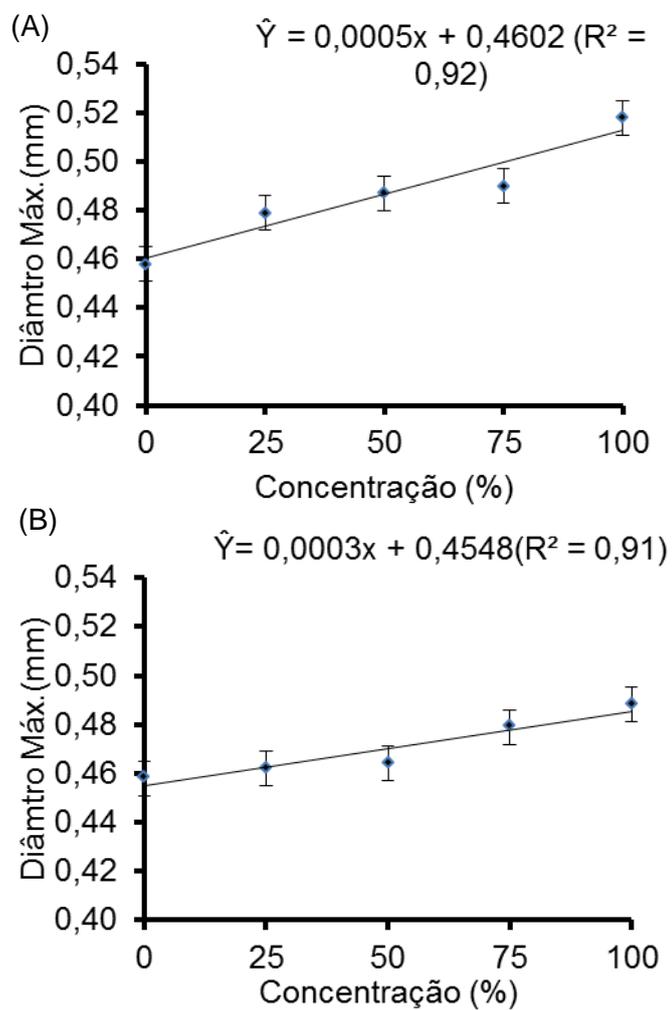


Figura 2 – Diâmetro Máximo de sementes de sorgo revestidas com (A) silicato e (B) calcário em função de diferentes concentrações.

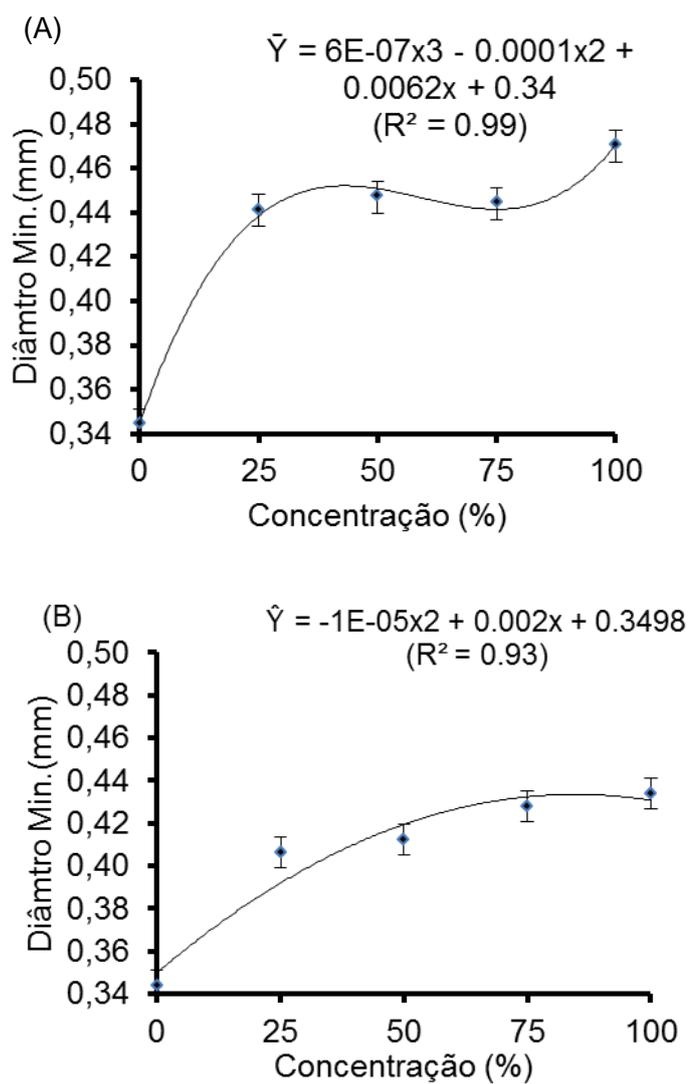


Figura 3 – Diâmetro mínimo de sementes de sorgo revestidas com (A) silicato e (B) calcário em função de diferentes concentrações.

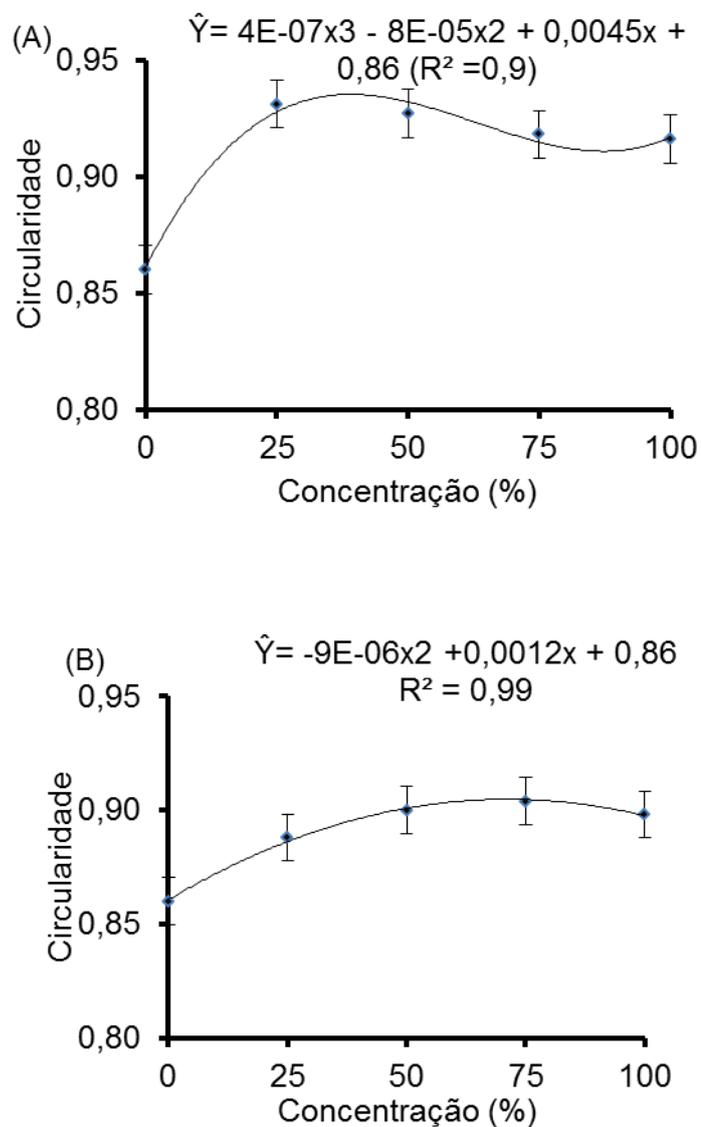


Figura 4 – Circularidade de sementes de sorgo revestidas com (A) silicato e (B) calcário em função de diferentes concentrações.

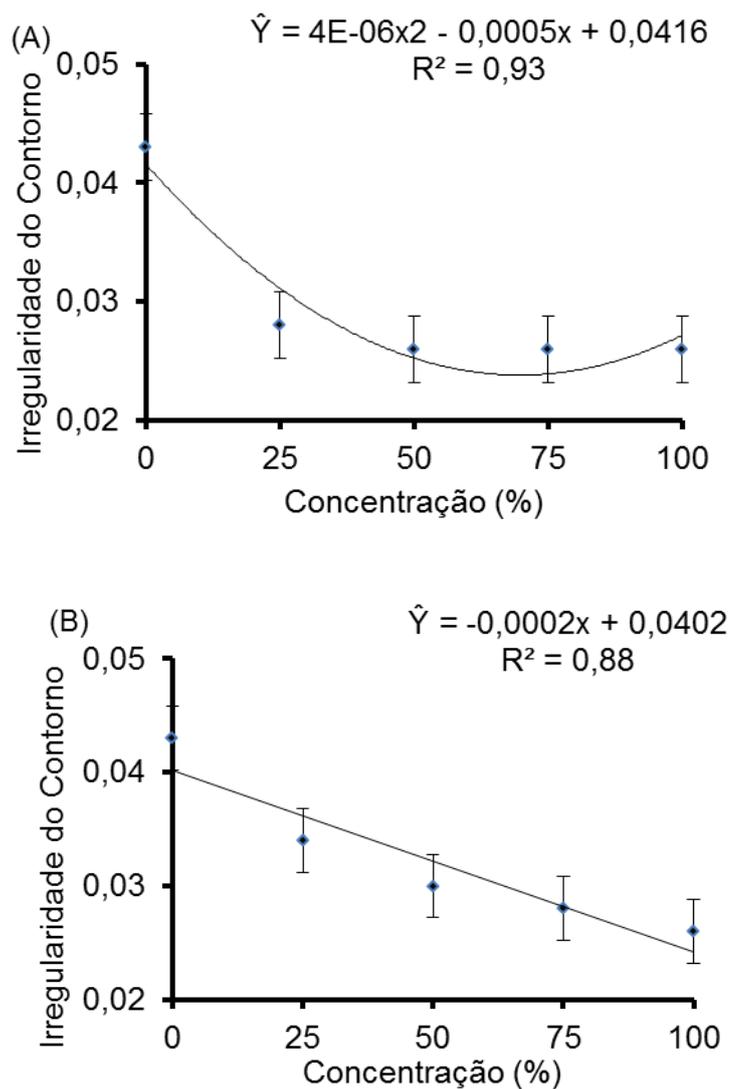


Figura 5 – Irregularidade do Contorno de sementes de sorgo revestidas com (A) silicato e (B) calcário em função de diferentes concentrações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, A.J., Vieira, H.D., Freitas, M.S.M. (2016) Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15(37):1998-2005.
- Amorim, I.M. (2018) *Efeito do recobrimento com silicato de cálcio em sementes de Brachiaria brizantha cv. MG5 submetidas a estresse hídrico*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 108p.
- Barros, A.F.D. (2016). *Avaliação da aplicação de polímero superabsorvente em sementes e no sulco de plantio na cultura do sorgo*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 56p.
- Bianchi, F.D., Derré, L. O., Lima A, F. L., Custódio, C. (2017) Germinação de sementes revestidas e não revestidas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em condições de deficiência hídrica. *Colloquium Agrariae*, 12(2):32-37.
- Brasil (2009) Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 395 p.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012). Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 590p.
- 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*, 33:765-772.

- Epstein, E. (1994) The anomaly of silicon plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Washington, 91(1):11-17.
- Ferreira, V.F., Ferreira, T.F., Carvalho, R.A., Mavaieie, D.P.R., Pereira, D.S., Oliveira, J.A. (2015) Qualidade fisiológica de sementes revestidas de braquiária híbrida cv. Mulato II. *Revista Agro@ambiente On-line*, 9(2):161-166.
- Gonzales, R.C., Woods, R.E. (2011) *Processamento digital de imagens*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 624p.
- Guimarães, C.P. (2016) *Recobrimento de sementes de Brachiaria brizantha com silicato de cálcio*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 140p.
- Maguire, J.D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Mendonça, E.A.F., Carvalho, N.M, Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (sh2). *Revista brasileira de Sementes*, 29 (2): 68-79.
- Pê, P.R., Duarte, M.E.M., Cavalcanti Mata, M.E.R.M. Variação das 195 características físicas do feijão macassar em função do teor de umidade. In: XXXII Sousa, R.C.P., Chagas, E.A., Bacelar-Lima, C.G., Silva, M.R., Barbosa, A.M. 2015. Myrciariadubia da Amazônia setentrional: Abordagem quali-quantitativa de coprodutos pós-colheita. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. Anais... Aracaju-SE
- Queiroga, V.P., Duran, J.M., Santos, J.W., Queiroga, D.A.N. (2007) Efeito do recobrimento de sementes de algodão sobre sua qualidade fisiológica. *Rev. bras. ol. fibros.*, 11:131-137.

- Ribas, P. M. (2014) Origem e Importância Econômica. *In: Borém, A., Pimentel, L., Parrela, R. Sorgo: do plantio à colheita*. Editora UFV, 275p.
- Rodrigues, F.A., Oliveira, L.A., Korndörfer, A.P. (2011) Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, 134:14-20.
- Silva, A.G., Andrade, C.L.L.; Goulart, M.M.P., Teixeira, I.R.; Simon, G.A., Moura, I.C.S. (2017) Consórcio de sorgo granífero com braquiárias na safrinha para produção de grãos e biomassa. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16(3):495-508.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. (2006) Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 235p.
- Silva, J.B.C., Santos, P.E.C., Nascimento, W.M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura brasileira*, 20:67-70.
- Silva, R.P., Corá, J.E., Furlani, C.E. A., Lopes, A. (2008) Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 32(3):929-937.
- Silva, A., Barros, A., Silva, L.H.S., Morães, E., Pires, R. (2009) Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, 39(2): 168-174. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3320> em 20/02/2018
- Sousa, P.G.F. (2016) *Revestimento em sementes de vinhático (Plathymentia reticulata Benth)*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 112p.

Tbit. Manual do Usuário SAS – Sistema de Análise de Sementes. 1. ed. Lavras, MG, 2014, 152p.

Xavier, P.B., Vieira, H.D., Guimarães, C.P. (2015) Physiological potential of *Stylosanthes* cv. Campo Grande seeds coated with different materials. *Journal of Seed Science*, 37(2):117-124.

3.2 EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO INDUZIDO POR PEG EM SEMENTES DE SORGO GRANÍFERO REVESTIDAS COM SILICATO DE CÁLCIO

RESUMO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) se destaca como uma alternativa ao milho na produção de grãos, além de ser um dos cereais mais tolerantes à seca. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito do revestimento com silicato de cálcio na germinação e vigor de sementes de sorgo granífero submetidas ao estresse hídrico. Sementes foram revestidas em drageadora de bancada, modelo N10 Newpack[®]. O revestimento foi composto por dez camadas de silicato de cálcio. Em seguida, as sementes foram submetidas a diferentes potenciais osmóticos simulados com uso de PEG 6000 em laboratório, sendo eles: 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; e -1,0 MPa. Foram avaliadas a primeira contagem de germinação (PCG), a porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de germinação (IVG). Em todos os potenciais osmóticos sementes de sorgo revestidas apresentam menores valores para as variáveis PCG, PG e IVG. A velocidade de germinação em sementes revestidas e não revestidas decresceram na mesma intensidade à medida que a disponibilidade de água diminuiu para a semente.

ABSTRACT

Sorghum (*Sorghum bicolor*) stands out as an alternative to corn in grain production, as well as being one of the most drought tolerant cereals. The objective of this study was to evaluate the effect of the coating with calcium silicate in the germination and vigor of sorghum seeds under water stress. Seeds were coated with drageadora N10 Newpack® model. The coating was composed of ten layers of calcium silicate. After the seeds were submitted to different osmotic potentials simulated with PEG 6000 in the laboratory, being: 0,0; -0.2; -0.4; -0.6; -0.8; and -1.0 MPa. the first count was evaluated (PCG), the percentage of germination (PG) and the germination speed index (IVG). In all potential osmotic coated sorghum seeds they present lower values for the PCG, PG and IVG variables. The germination speed in coated and uncoated seeds decreased at the same intensity as the water availability decreased for the seed

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos é dependente, em sua maioria, da precipitação pluviométrica. A baixa ocorrência de chuvas ou irregularidade de sua distribuição afeta diretamente a produtividade das culturas, principalmente, quando ocorre nas fases de estabelecimento e enchimento de grãos (Menezes et al., 2015).

O estresse hídrico, logo após o plantio, interfere diretamente nas atividades enzimáticas da planta, reduzindo o rendimento das cultivares e causando prejuízo ao produtor (Garcia et al., 2012).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) se destaca como uma alternativa ao milho na produção de grãos, além de ser um dos cereais mais tolerantes à seca. Porém, este estresse hídrico pode causar danos em todas as fases do desenvolvimento da planta. Sendo a fase reprodutiva, aquela em que o estresse hídrico proporciona maior perda de produtividade de grãos (Lima, 2011; Silva et al., 2017).

No processo de germinação, a água é o fator que exerce maior influência, a partir da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos, com o conseqüente aumento da respiração e de todas as outras atividades metabólicas que favorecem o fornecimento de energia e nutrientes necessários à retomada de crescimento do eixo embrionário (Carvalho e Nakagawa, 2012).

De acordo com Toledo et al. (2012), umas das funções importantes que o silício exerce na planta está relacionado à proteção e resistências a estresses.

O condicionamento osmótico é uma técnica de embebição controlada das sementes, que permite a ocorrência de uma ativação fisiológica, mas altera a germinação (Bewley e Black, 1994). Com o objetivo de simular condições de déficit hídrico, tem sido utilizado o PEG (polietileno glicol) em laboratório como agente osmótico (Tambelini e Perez, 1998).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do revestimento com silicato de cálcio na germinação e vigor de sementes de sorgo granífero submetidas ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no laboratório do Setor de Produção e Tecnologia de Sementes da Unidade de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA-UENF), em Campos dos Goytacazes, RJ.

Foram utilizadas sementes comerciais de sorgo granífero BRS 330[®] (*Sorghum bicolor*) da empresa Priorizi Sementes. As sementes possuem como características pureza e germinação mínima de 98% e 80%, respectivamente.

Foram avaliados seis potenciais osmóticos (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 MPa) na germinação de sementes de sorgo granífero não revestidas e de sementes revestidas com silicato de cálcio, devido aos resultados encontrados no primeiro trabalho.

Para a realização do, foram utilizados como material adesivo, a cola cascorez extra à base de polivinila (PVA). A cola à base de PVA foi diluída em água, previamente aquecida a 70 °C (Mendonça et al., 2007), na proporção de 2:1 (v/v) para a utilização como adesivo. Como material de enchimento foi utilizado o silicato de cálcio.

O revestimento das sementes de sorgo granífero foi realizado na drageadora de bancada, modelo N10 Newpack[®] equipada com cuba em aço inox regulada em 86 rpm; pistola de pintura para aplicação da solução adesiva acionada por ar comprimido, trabalhando na pressão de 4 bar; sistema de secagem térmico que possui controle de variação de temperatura de até 100° C, porém, ajustado em 50° C; temporizador para regular o tempo de funcionamento do soprador.

O revestimento foi composto por 10 camadas do material de enchimento, sendo cada camada composta por 20 gramas de silicato de cálcio, aplicado em duas porções de 10,0 gramas. Essa subdivisão dentro da camada é para ter uma melhor aplicação e homogeneização do material nas camadas. Foram feitas no processo de revestimento quatro repetições de 100 gramas de sementes, para cada repetição foram utilizados 200g de silicato de cálcio.

A metodologia do revestimento consistiu em colocar a repetição de sementes (100 gramas) dentro da cuba da drageadora em rotação. Em seguida, aplicou-se a solução adesiva (PVA), por dois segundos, sobre as sementes e,

após, foi adicionada a primeira porção de 10,0 gramas de material de enchimento, e mais uma vez aplicou-se, por dois segundos, a solução adesiva (PVA), posteriormente, adicionou-se a segunda porção (10,0 gramas) de silicato e, após, foi aplicada a solução adesiva por mais dois segundos. Ao final dessa aplicação, o soprador de ar quente a 50° C foi acionado por dois minutos. Este procedimento equivaleu a uma camada do revestimento, adaptada de Xavier et al., (2015).

Para obter os potenciais osmóticos desejados foram preparadas soluções de polietilenoglicol 6000 (PEG). Para o cálculo da quantidade de PEG a ser adicionado para o preparado das soluções, foi seguido o modelo de equação proposta por Michel e Kaufmann (1973):

$$\Psi_{os} = - (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2T$$

Onde:

Ψ_{os} = potencial osmótico (bar);

C = concentração (gramas de PEG 6000/ litro de água);

T = temperatura (° C), considerando-se 25° C.

Tabela 1 - Concentração de polietileno glicol (PEG 6000) estimada à temperatura de 25°C para a obtenção dos diferentes níveis de potencial osmótico

Potencial Osmótico (MPa)	Concentração (g/L) PEG 6000
0,0	0
-0,2	119
-0,4	178
-0,6	224
-0,8	262
-1,0	296

Foram avaliadas características fisiológicas por meio de teste de germinação e testes de vigor.

Teste de germinação – O teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, tendo como substrato o papel germiteste, formando rolo de papel (RP). As sementes foram colocadas para germinar entre duas folhas, sendo o papel previamente umedecido com as respectivas soluções contendo PEG 6000, o

volume adicionado foi equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato. O tratamento com 0,0 MPa foi umedecido somente com água. Os rolos foram colocados no interior de sacos de polietileno transparente, para manter a umidade. Os germinadores utilizados foram regulados à temperatura alternada de 20 – 30°C e fotoperíodo ajustado para 16 - 8 horas (escuro/luz), respectivamente. A contagem das plântulas normais foi realizada no 4º e 10º dia após a instalação do teste (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação.

Teste de vigor

Teste de primeira contagem de germinação (PCG) – Foi efetuado quatro dias após o início do teste de germinação, realizando-se a contagem do número de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Índice de velocidade de germinação (IVG) – Foram efetuadas contagens diárias após o início do teste. Foram consideradas germinadas, as plântulas que apresentaram características normais, de acordo com Brasil (2009). Para o cálculo do IVG utilizou-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

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

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda até a última contagem;

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semente à primeira, segunda até a última contagem.

Análises estatísticas

O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado, constituído em um esquema fatorial 2x6 (2 tratamentos x 6 potenciais) com quatro repetições de 50 sementes.

Utilizou-se o programa SAEG 9.2, na realização das análises estatísticas, empregando análise de variância (ANOVA) dos dados pelo teste F a 5% de

probabilidade e foram ajustadas equações de regressão das características avaliadas como variáveis dependentes dos níveis de potenciais osmóticos. Quando significativo, foi empregado para os dados qualitativos teste de média a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

RESULTADOS

Na Figura 1, é possível observar os dados para primeira contagem de germinação (% PCG) em sementes revestidas e sementes não revestidas de sorgo granífero submetidas a diferentes potenciais osmóticos. Para sementes revestidas, o modelo de regressão que mais se ajustou para a variável PCG foi o modelo linear. Para as sementes não revestidas, o modelo de regressão que melhor se ajustou para essa variável foi polinomial de segunda ordem.

Para a variável PCG em sementes revestidas, o menor valor encontrado foi no potencial osmótico -1,0 MPa com 40,0%, não se diferenciando dos potenciais de -0,8 e -0,6 MPa com 49,5% e 51,0%, respectivamente. Os maiores valores observados foram para o potencial com 0,0 e -0,2 MPa, ambos com 59,5%, e houve uma redução não significativa até o potencial -0,8 MPa. Para sementes não revestidas na mesma variável, os potenciais osmóticos de 0,0 MPa a -0,8 MPa não se diferiram. O menor valor encontrado foi no maior potencial osmótico, -1,0 MPa (Tabela 2).

Na tabela 2, ao comparar sementes revestidas e não revestidas nos diferentes potenciais osmóticos para a variável PCG, foi observado que em todos potenciais os valores para sementes não revestidas foram superiores estatisticamente às sementes revestidas.

O comportamento germinativo das sementes de sorgo revestidas e sem revestimento submetidas ao estresse hídrico induzido são apresentados na Figura 2. Para sementes revestidas, o modelo de regressão que melhor se ajustou para a variável porcentagem de germinação (PG) foi o modelo polinomial de quarta ordem. Já para as sementes sem revestimento, o modelo que melhor se ajustou foi o modelo polinomial de segunda ordem, ocorrendo um aumento na

porcentagem de germinação até o potencial osmótico de -0,6 MPa, depois há um decréscimo não significativo de germinação.

Na variável porcentagem de germinação em sementes revestidas, os maiores valores foram observados no potencial osmótico de -0,4 MPa (73,5%), não se diferenciando do potencial de -0,6 com 69,5% de germinação. Para sementes sem revestimento, os maiores valores para germinação foram também observados nos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,6 MPa, com 82,0 % e 84,5 %, respectivamente, não diferenciando entre si, houve também uma redução não significativa na germinação nos potenciais -0,8 e -1,0 Mpa (Tabela 2).

Ainda na tabela 2 para a porcentagem de germinação, sementes revestidas obtiveram menores valores em todos os potenciais osmóticos em comparação às sementes sem revestimento, sendo inferiores estatisticamente.

Na figura 3 são expostos os resultados para a variável plântulas anormais (% PA), na qual as sementes de sogro revestidas obtiveram um comportamento similar aos de sementes não revestidas. O modelo de regressão polinomial de quarta ordem foi o que melhor se ajustou aos dados relativos à variável % PA para sementes revestidas e sementes sem revestimento.

Para sementes revestidas, os menores valores de plântulas anormais foram observados nos potenciais osmóticos em -0,4 MPa e -0,6 Mpa, com 5,5% e 7,0%, respectivamente, não se diferenciando. O maior valor (13,5%) para porcentagem de plântulas anormais em sementes revestidas foi encontrado no potencial osmótico de -0,2 Mpa, diferenciando somente em -0,4 MPa e 0,6 MPa. Para sementes não revestidas, o menor valor encontrado para plântulas anormais foi no potencial osmótico de -0,6 Mpa, com 9,5%, sendo diferente das médias observadas no potencial osmótico de -0,2 MPa e 0,0 MPa, nos demais potenciais osmóticos há um aumento não significativo na porcentagem de plântulas anormais (Tabela 2).

Ao comparar sementes revestidas e sem revestimento nos diferentes potenciais osmóticos foi possível observar na tabela 2 que no potencial 0,0 Mpa, as sementes não revestidas obtiveram maior porcentagem de plântulas normais. Nos demais potenciais de sementes revestidas não se diferenciaram de sementes sem revestimentos.

O modelo de regressão polinomial de quarta ordem foi o que melhor se ajustou para variável porcentagem de sementes não germinadas (%NG) nas

sementes revestidas, já para sementes sem revestimento o modelo polinomial de segunda ordem foi o que melhor se ajustou para esta variável (Figura 4).

Os potenciais osmóticos 0,0 MPa e -0,2 MPa apresentaram 33,0% e 32,5%, respectivamente, para a variável %NG em sementes revestidas, sendo diferentes estatisticamente do valor encontrado no potencial de -0,4 MPa, nos demais potenciais não houve diferença significativa para essa variável. Em sementes sem revestimento, o maior valor (13,5%) para a variável %NG foi observado no potencial osmótico 0,0 MPa, se diferenciando somente dos valores encontrados em -0,6 MPa e -1,0 MPa. Em relação aos demais potenciais há um decréscimo não significativo na porcentagem de sementes não germinadas (Tabela 2).

Ainda na tabela 2 observa-se que independente da concentração de PEG 6000, sementes revestidas obtiveram maiores valores para a variável %NG, em comparação às sementes não revestidas.

Para a variável índice de velocidade de germinação (IVG) apresentada na figura 5, é possível observar que o aumento do déficit hídrico por meio do incremento nas concentrações de PEG 6000 na solução do substrato ocasionou um decréscimo linear nos valores de IVG para sementes revestidas e, também, para sementes sem revestimento (Figura 5).

É possível observar na tabela 2 que a variável IVG em sementes revestidas de sorgo alcançaram os maiores valores nos potenciais osmóticos 0,0 MPa (11,82) e -0,4 MPa (11,55) que não diferiram entre si e do valor observado em -0,2 MPa (10,86). O menor valor para IVG em sementes revestidas foi atingido no potencial osmótico de -1,0 MPa (7,92), não se diferenciando no potencial -0,8 MPa (8,67).

Nos menores potenciais osmóticos (-0,2 e -0,4 MPa) houve um decréscimo não significativo para índice de velocidade de germinação. O valor encontrado para IVG no potencial -0,6 MPa (14,32) não se diferiu de -0,8 MPa. Onde houve a maior concentração de PEG 6000 (-1,0 MPa), foi observado o menor valor para essa variável (Tabela 2).

Ainda, na tabela 2, pode ser observado que sementes sem revestimento apresentaram maiores valores para IVG em comparação com sementes revestidas em todas as concentrações de PEG 6000.

DISCUSSÕES

O revestimento influenciou negativamente as variáveis primeira contagem de germinação (% PCG) e porcentagem de germinação (% PG), apresentando diferença significativa em comparação às sementes sem revestimento de sorgo granífero. Porém, em trabalho com PEG realizado por Amorim (2018), utilizando silicato de cálcio para revestir sementes de *Brachiaria brizantha* cv MG5, o revestimento foi benéfico na primeira contagem de germinação e na porcentagem final de germinação entre os potenciais de -0,6 e -1,2 MPa.

Nos diferentes potenciais osmóticos para variável PCG em sementes revestidas, o modelo que melhor se ajustou foi um modelo linear, já para sementes sem revestimento nessa variável foi o modelo polinomial de segunda ordem. Para sementes revestidas, o modelo de regressão que melhor se ajustou para a variável porcentagem de germinação (PG) foi o modelo polinomial de quarta ordem. Já para as sementes sem revestimento, o modelo que melhor se ajustou foi o modelo polinomial de segunda ordem.

Conforme diminuiu o potencial osmótico simulado para sementes de couve-flor, Viçosi et al. (2018) observaram uma redução linear e significativa da porcentagem da primeira contagem e da germinação final.

Em todos os potenciais osmóticos, sementes de sorgo revestidas apresentaram menores valores para as variáveis PCG e para PG. Para Nascimento et al. (2009), o revestimento estabelece uma barreira física a ser vencida pela semente, no entanto, alguns materiais como o silicato de cálcio, facilitam a difusão de gases e água entre a semente e o meio externo.

Sementes revestidas obtiveram menores valores para a variável plântulas anormais (%PA) em todos os potenciais osmóticos. De acordo com Amorim (2018), o silicato de cálcio influencia positivamente o processo de formação de plântulas. Os valores de %PA e sementes não germinadas (%NG) em sementes revestidas foram proporcionalmente inversos aos valores obtidos para porcentagem de germinação. O comportamento em sementes sem revestimento %NG foi inversamente proporcional à germinação, porém, para %PA o comportamento não foi proporcionalmente inverso.

Soares et al. (2015) afirmam que a germinação das sementes pode ser severamente afetada pela baixa disponibilidade de água e conseqüente baixo potencial hídrico.

Por meio do IVG é possível observar que ocorreu um atraso linear na germinação. À medida que aumentou a concentração do PEG 6000, o valor para IVG foi diminuindo tanto para sementes revestidas, quanto para aquelas sem revestimento. Para Pelegrini et al. (2013), a redução na germinação de sementes pode ser atribuída à redução da velocidade e quantidade de água absorvida pelas sementes. Efeito causado pelo aumento da concentração de PEG é mais danoso às sementes revestidas, uma vez que essas apresentam uma barreira a mais para a absorção de água.

O comportamento germinativo observado no presente trabalho sugere que as sementes de sorgo com e sem revestimento não foram sensíveis aos potenciais osmóticos iniciais, pois não houve um decréscimo na germinação nos potenciais osmóticos de -0,2 e -0,4 MPa. O estresse causado ocasionou redução da velocidade de germinação, sugerindo que estas concentrações de PEG afetaram a velocidade de embebição de água, mas não a quantidade absorvida. Nos potenciais osmóticos mais elevados (-0,8 e -1,0 MPa) há um decréscimo no IVG e na germinação, comprometendo o processo metabólico das sementes de maneira mais efetiva, reduzindo a velocidade e, também, a quantidade de água absorvida, efeitos característicos de déficit hídrico.

De acordo com Mayer e Poljakoff-Mayber (1978), o primeiro processo que ocorre durante a germinação é a absorção de água pela semente, devido ao processo de embebição.

Simoni et al. (2011), avaliando o comportamento de sementes de sorgo submetidas a estresse hídrico simulado por PEG 6000 com potenciais variando de 0,0 à -1,5 MPa, observaram que a germinação e a velocidade de germinação foram decrescendo quando a disponibilidade de água simulada para a semente diminuiu.

Para Popinigis (1985), a velocidade de embebição da água pela semente influencia a germinação, interferindo na água absorvida e retardando as reações bioquímicas, essas que irão desdobrar as substâncias de reserva armazenadas nos tecidos de sustentação e favorecer o desenvolvimento inicial do eixo embrionário (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Para Lopes e Macedo (2008), os efeitos do déficit hídrico se iniciam pelas estruturas subcelulares sobre as fases iniciais da germinação. Aumentando a concentração de solutos no rolo de papel do teste, há redução no potencial hídrico, fazendo com que a capacidade das sementes de absorver água diminua, influenciando a capacidade germinativa e o desenvolvimento de plântulas.

CONCLUSÕES

Em todos os potenciais osmóticos, as sementes de sorgo revestidas apresentam menores valores para as variáveis PCG, IVG e PG.

A velocidade de germinação em sementes revestidas e não revestidas decresceu na mesma intensidade à medida que a disponibilidade de água para a semente diminuiu.

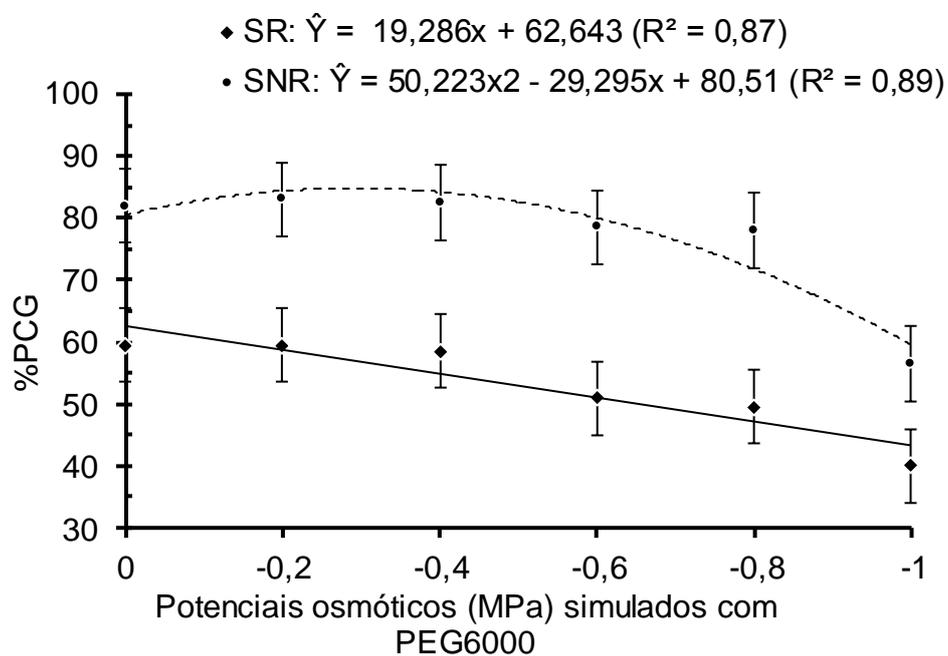


Figura 1. Primeira contagem de germinação (%) de sementes revestidas (SR) e de sementes não revestidas de *Sorghum bicolor* nos diferentes potenciais osmóticos

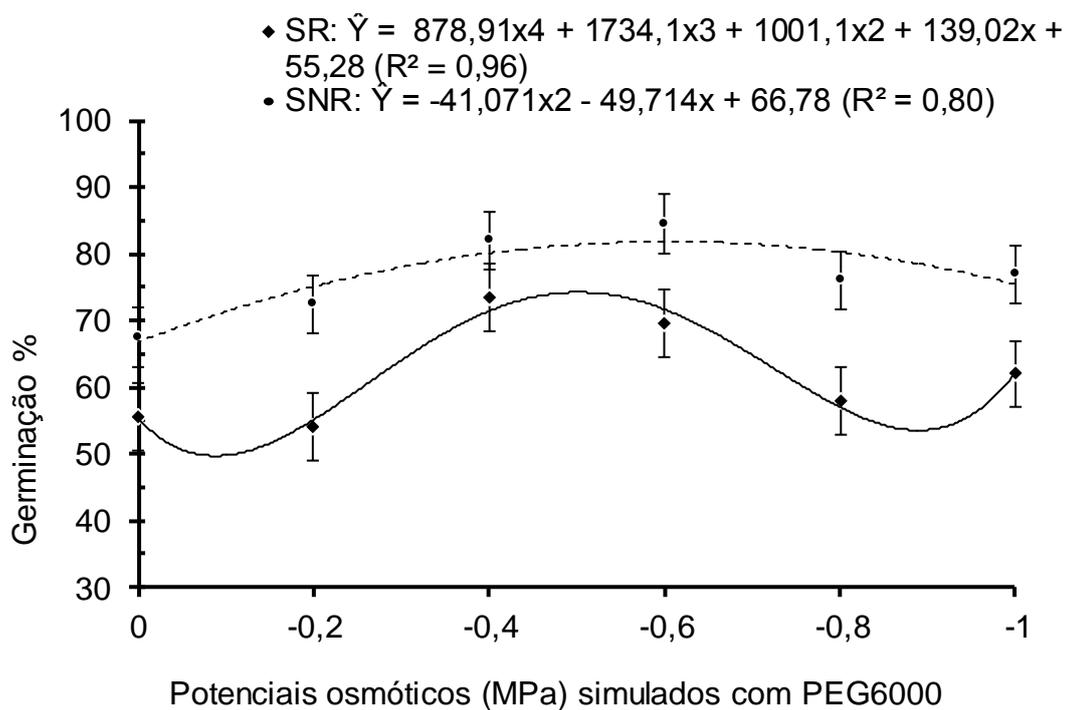


Figura 2. Germinação (%) de sementes revestidas (SR) e de sementes não revestidas de *Sorghum bicolor* nos diferentes potenciais osmóticos

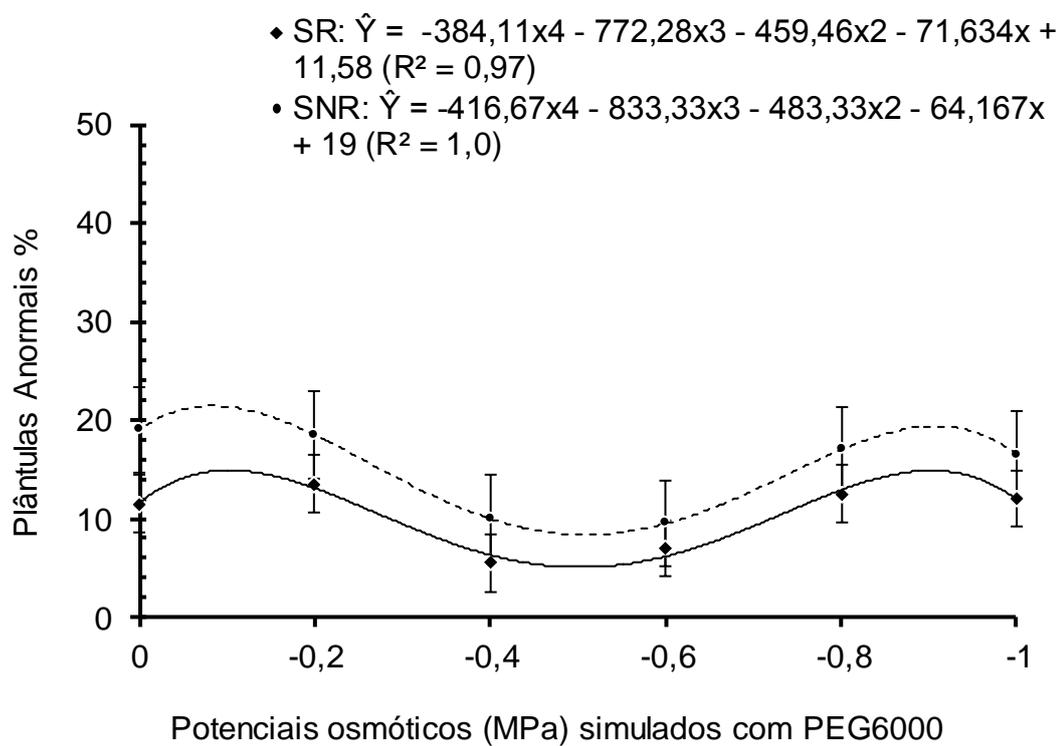


Figura 3. Plântulas anormais (%) de sementes revestidas (SR) e de sementes não revestidas de *Sorghum bicolor* nos diferentes potenciais osmóticos.

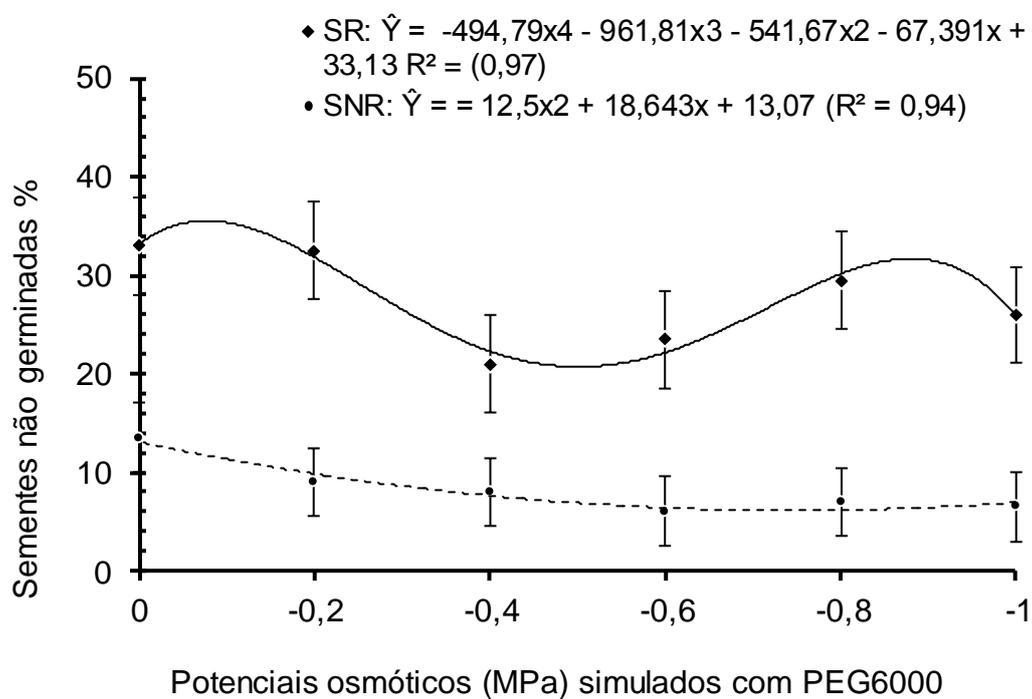


Figura 4. Sementes não revestidas (%) de sementes revestidas (SR) e de sementes não revestidas de *Sorghum bicolor* nos diferentes potenciais osmóticos.

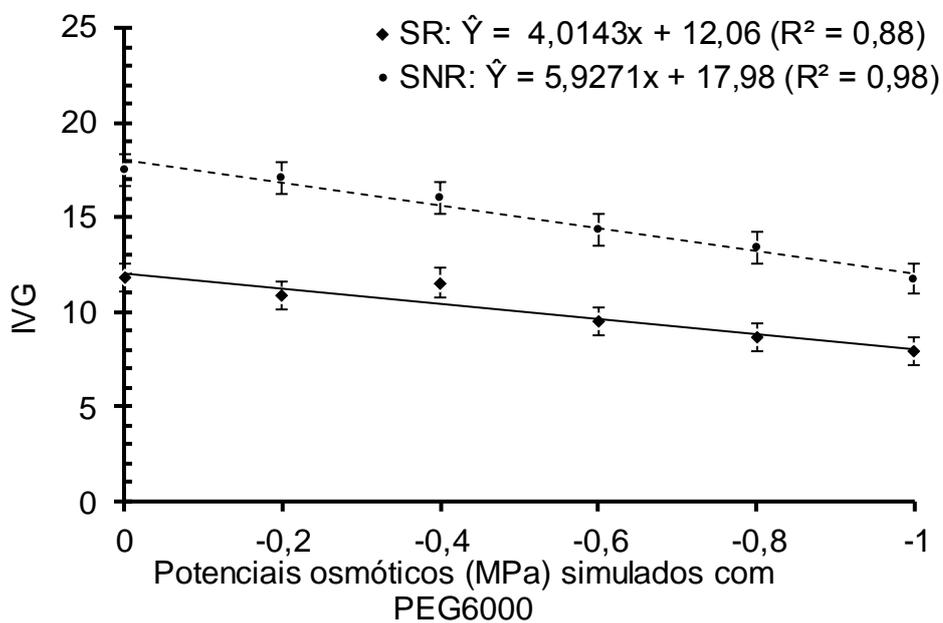


Figura 5. Índice de velocidade de germinação de sementes revestidas (SR) e de sementes não revestidas de *Sorghum bicolor* nos diferentes potenciais osmóticos

Tabela 2. Primeira Contagem de Germinação (PCG), Porcentagem de germinação (PG), Porcentagem de plantas anormais (PA), Sementes não germinadas (NG) e Índice de germinação (IVG) de sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) revestidas com silicato de cálcio submetidas ao estresse hídrico simulado por PEG 6000

CARACTERÍSTICAS	COM OU SEM REVESTIMENTO	POTENCIAIS OSMÓTICOS					
		0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
PCG (%)	SR	59,5 Ab (±6,8)	59,5 Ab (±3,79)	58,5 Ab (±4,43)	51,0 ABb (±3,82)	49,5 ABb (±2,51)	40,0 Bb (±8,16)
	SNR	82,0 Aa (±3,65)	83,0 Aa (±6,0)	82,5 Aa (±3,0)	78,5 Aa (±8,7)	78,0 Aa (±5,16)	56,5 Ba (±3,41)
PG (%)	SR	55,5 Cb (±3,0)	54,0 Cb (±1,63)	73,5 Ab (±6,8)	69,5 ABb (±5,74)	58,0 Cb (±4,32)	62,0 BCb (±3,26)
	SNR	67,5 Ca (±3,41)	72,5 BCa (±3,78)	82,0 Aa (±3,65)	84,5 Aa (±5,0)	76,0 ABCa (±2,82)	77,0 ABa (±4,16)
PA (%)	SR	11,5 ABb (±1,91)	13,5 Aa (±1,91)	5,5 Ca (±1,91)	7,0 BCa (±2,58)	12,5 ABa (±1,91)	12,0 ABa (±4,32)
	SNR	19,0 Aa (±2,58)	18,5 ABa (±4,43)	10,0 BCa (±1,63)	9,5 Ca (±3,41)	17,0 ABCa (±6,0)	16,5 ABCa (±3,78)
NG (%)	SR	33,0 Aa (±4,76)	32,5 Aa (±3,41)	21,0 Ba (±5,77)	23,5 ABa (±4,43)	29,5 ABa (±5,0)	26,0 ABa (±1,63)
	SNR	13,5 Ab (±3,0)	9,0 ABb (±2,58)	8,0 ABb (±2,82)	6,0 Bb (±2,3)	7,0 ABb (±4,76)	6,5 Bb (±2,51)
IVG	SR	11,82 Ab (±0,49)	10,86 ABb (±0,28)	11,55 Ab (±1,11)	9,52 BCb (±0,69)	8,67 CDb (±0,74)	7,92 Db (±0,42)
	SNR	17,52 Aa (±1,0)	17,06 Aa (±0,86)	16,06 Aa (±0,58)	14,32 Ba (±0,91)	13,41BCa (±0,52)	11,76 Ca (±0,26)

* Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si, letras minúsculas na coluna não diferem entre si dentro da mesma característica avaliada, segundo o Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, I. M. (2018) *Efeito do recobrimento com silicato de cálcio em sementes de Brachiaria brizantha cv. MG5 submetidas a estresse hídrico*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 108p.
- Bewley, J.D., Black, M. (1994) *Seeds Physiology of development and germination*. 2 ed. New York: Plenum Press, 445p.
- Bradford, K.J. (1995) Water relations in seed germination. *In*: Kigel, J.; Galili, G. (Ed.). *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, Inc. 351-396.
- Brasil (2009) Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 395 p.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012). Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 590p.
- Garcia, S.H., Rozzeto, D.S., Coimbra, J.L.M., Guidolin, A.F. (2012) Simulação de estresse hídrico em feijão pela diminuição do potencial osmótico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages-MG, 11 (1):35-41.
- Lima, N.R.C.B. (2011) Disponibilidade de água e desenvolvimento de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e braquiária (*Brachiaria brizantha* A. Rich stapf. cv Marandu) consorciadas. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 56p.

- Lopes, J.C.; Macedo, C.M.P. (2008) Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes* 30:79-85.
- Maguire, J.D. (1962) Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Menezes, C.B., Tardin, F.D., Portugal, A.F., Ribeiro, A.D.S., Carvalho, A.J., Almeida, F.H.L., Santos, C.V. (2015) Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*,14(1):101-115.
- 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.
- Pelegri, L.L., Borcioni, E., Nogueira, A.C., Koehler, H.R., Quoirin, M.G.G. (2013) Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. *Ciência Florestal*, Santa Maria-RS, 23(2):511-519.
- Popinigis, F. (1985) Fisiologia da semente. *Agiplan*. Brasília. 289p.
- Simoni, F., Costa, R.S.; Fogaça C.A., Gerolineto, E. (2011) Sementes de *Sorghum bicolor* L. Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 11(1):188-192.
- Soares, M.M., Santos Junior, H.C., Simões, M.G., Pazzin, D., Silva, L.L. (2015) Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia-GO, 45(4):370-378.
- Tambelini, M., Perez, S.C. J.G. (1998) Efeitos do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão

(*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, 20 (1):226-232.

Toledo, M.Z., Castro, G.S.A., Crusciol, A.C., Soratto, R.P., Cavariani, C., Ishizuka, M.S., Picoli, L.B. (2012) Aplicação foliar de silício e qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca e trigo. *Semina: Ciências Agrárias*, 33:1693-1702.

Viçosi, K.A., Silva, E.C., Galvão, C.S. (2018) Germinação e vigor de sementes de couve-flor submetido a estresse hídrico simulado. *Biodiversidade* 17(2):16-21.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as qualidades físicas e fisiológicas de sementes de sorgo granífero em função de diferentes materiais de enchimento no processo de revestimento. E, em seguida, avaliar o efeito do revestimento com silicato de cálcio na germinação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas e o efeito destes quando submetidas a estresse hídrico simulado por PEG 6000. Sendo assim, a dissertação foi dividida em dois trabalhos.

No primeiro capítulo foi possível verificar redução da umidade das sementes revestidas, além de ter proporcionado aumento do peso de mil sementes (PMS), da área, diâmetro máximo, diâmetro mínimo. O revestimento promoveu o aumento do tamanho da semente de sorgo sem prejuízo para a germinação e emergência de plantas.

O revestimento das sementes não prejudicou o desenvolvimento das plântulas de *S. bicolor*. O revestimento com 100% de silicato promoveu melhor desempenho para a emergência e índice de velocidade de emergência de sementes de *Sorghum bicolor*.

No segundo capítulo foi utilizado o tratamento do primeiro experimento que apresentou resultados satisfatórios, sendo ele o revestimento com 100% de silicato. Foram utilizadas sementes revestidas e sem revestimento de sorgo granífero, as qual foram submetidas a diferentes potenciais osmóticos simulados com uso de PEG 6000, em laboratório, sendo eles: 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 e

-1,0 Mpa. Foram avaliadas a primeira contagem de germinação (PCG), a porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de germinação (IVG). Em todos os potenciais osmóticos, sementes de sorgo revestidas apresentaram menores valores para as variáveis PCG, PG e IVG. A velocidade de germinação em sementes revestidas e não revestidas decresceram na mesma intensidade à medida que a disponibilidade de água diminuiu para a semente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, A.J., Vieira, H.D., Freitas, M S.M. (2016) Perennial soybean seeds coated with high doses of boron and zinc. *African Journal of Biotechnology*, 15 (37):1998-2005.
- Amaral, S.R., Lira, M.A., Tabosa J.N., Santos, M.V.F., Mello, A.C.L., Santos, V.F. (2003) Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(8):973-979.
- Amorim, I. M. (2018) *Efeito do recobrimento com silicato de cálcio em sementes de Brachiaria brizantha cv. MG5 submetidas a estresse hídrico*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 108p.
- Bartlett, M.S. (1937) Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Society of London. *Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 160(901):268-282.
- Baroni, D.F. (2018) Qualidade física e fisiológica de sementes de *Stylosanthes capitata/macrocephala* revestidas. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 96p.
- Barros, A.F.D. (2016) Avaliação da aplicação de polímero superabsorvente em sementes e no sulco de plantio na cultura do sorgo. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 56p.
- 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.

- Bewley, J.D., Black, M. (1994) *Seeds: physiology of development and germination*. New York: *Plenum Press*, 445p.
- Bianchi, F.D., Derré, L.O., Lima A,F.L., Custódio, C. (2017) Germinação de sementes revestidas e não revestidas de *Panicum maximum* Cv. Tanzânia em condições de deficiência hídrica. *Colloquium Agrariae*, 12(2):32-37.
- Brasil (2009) *Regras para Análise de Sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 395 p.
- Bradford, K.J. (1995) Water relations in seed germination. *In*: Kigel, J., Galili, G. (Ed.). *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, Inc. p. 351-396.
- Carvalho, N.M, Nakagawa, J. (2012) Importância da semente. *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 590p.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Acompanhamento da safra de grãos. 6º Levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/monitoramento-agricola> Acessado em: 20 de março de 2019.
- Cochran, W.G. (1941) The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. *Annals of Eugenics*. 11(1):47-52.
- 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*, 33:765-772.
- Dan, H.A., Carrijo, M.S., Carneiro, D.F., Pinho Costa, K.A., Silva, A.G. (2010) Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32 (4):675-679.
- Epstein, E. (1994) The anomaly of silicon plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Washington, 91(1):11-17.
- FAOSTAT. *Food agriculture organization of the United Nations*. Statistics Division, 2018.
- Ferreira, V.F., Ferreira, T.F., Carvalho, R.A., Mavaieie, D.P.R., Pereira, D.S., Oliveira, J.A. (2015) Qualidade fisiológica de sementes revestidas de braquiária híbrida cv. Mulato II. *Revista Agroambiente On-line*, 9(2):161-166.
- Fonseca, N., Castro, M.T.N., Ledo, C.A.L. (2005) Paclobutrazol e Estresse Hídrico no Florescimento e Produção da Mangueira (*Mangifera indica*) Tommy Atkins. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(1):21-24.

- Fontes, M.M., Silva, B.A.; Dantas, J.P., Silveira, D.C.; Cavalcanti, M.T. (2011) Caracterização físico-química do melado de sorgo granífero sacarino [*Sorghum bicolor* (L) Moench]. *Revista Verde*, 6:216–219.
- Funguetto, C.I. (2007) Tratamento de sementes de grandes culturas com micronutriente zinco, fungicida e polímero. *Revista Norte Científico*, Boa Vista, 2(1):65-72.
- Garcia, S.H., Rozzeto, D.S., Coimbra, J.L. M., Guidolin, A.F. (2012) Simulação de estresse hídrico em feijão pela diminuição do potencial osmótico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages-MG, 11(1):35-41.
- Lima, N.R.C. B. (2011) Disponibilidade de água e desenvolvimento de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e braquiária (*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf. cv Marandu) consorciadas. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 56p
- Lopes, J.C., Macedo, C.M.P. (2008) Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes* 30: 9-85.
- Gonzales, R.C., Woods, R.E. (2011) *Processamento digital de imagens*. 3. ed. São Paulo: *Pearson Prentice Hall*, 624p.
- Guimarães, C.P. (2016) *Recobrimento de sementes de Brachiaria brizantha com silicato de cálcio*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 140p.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M., Rodrigues, J.A.S. (2003) Fisiologia da planta de sorgo. *Comunicado técnico - Embrapa Milho e Sorgo*, 4p.
- Magalhães, P.C., Souza, T.C., May, A.; Lima Filho, O.F., Santos, F.C., Moreira, J.A. A., Leite, C.E.P., Albuquerque, C.J.B., Freitas, R.S. (2014) Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. *In: Borém, A., Pimentel, L. D., Parrela, R. Sorgo: do plantio à colheita*. Editora UFV, p. 58-88.
- 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*, Pelotas, 26(2):70-75.
- Medeiros Filho, S., Carvalho, L.F., Teófilo, E.M., Rossetti, A.G. (2000) Efeito do osmocondicionamento no vigor de sementes de sorgo. *Ciência Agrônômica*, 31(1-2):33-42.

- Mendonça, E.A.F., Carvalho, N.M, Ramos, N.P. (2007) Revestimento de sementes de milho superdoce (sh2). *Revista brasileira de Sementes*, 29(2):68-79.
- Menezes, C.B., Tardin, F.D., Portugal, A.F., Ribeiro, A.D.S., Carvalho, A.J., Almeida, F.H.L., Santos, C.V. (2015) Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 14(1):101-115.
- 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.
- Neumann, M., Restle, J., Brondani, I.L. (2004) Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas DOI: 10.18512/1980-6477/rbms. 3(3): 438-452.
- Parrella, R.A.C., Menezes, C.B., Rodrigues, J.A.S.; Tardin, F.D., PARRELLA, N. N.L.D., Schaffert, R.E. (2014) Cultivares. In: Borém, A., Pimentel, L., Parrella, R. *Sorgo: do plantio à colheita*. Editora UFV, 275p
- Pê, P.R., Duarte, M.E.M., Cavalcanti Mata, M.E.R.M. Variação das 195 características físicas do feijão macassar em função do teor de umidade. In: XXXII Sousa, R.C.P., Chagas, E.A., Bacelar-Lima, C.G., Silva, M.R., Barbosa, A.M. 2015. Myrciariadubia da Amazônia setentrional: Abordagem quali-quantitativa de coprodutos pós-colheita. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. Anais... Aracaju-SE
- Pelegri, L.L., Borcioni, E., Nogueira, A.C., Koehler, H.R., Quoirin, M.G.G. (2013) Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. *Ciência Florestal*, Santa Maria-RS, 23(2):511-519.
- Pinho, R.G., Fiorini, I.V.A., Santos, A.O. (2014) Botânica. In: Borém, A., Pimentel, L., Parrella, R. *Sorgo: do plantio à colheita*. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 37-57.
- Popinigis, F. (1985) Fisiologia da semente. *Agriplan*. Brasília. 289p.
- Queiroga, V.P., Duran, J.M., Santos, J.W., Queiroga, D.A.N. (2007) Efeito do recobrimento de sementes de algodão sobre sua qualidade fisiológica. *Rev. bras. ol. fibras.*, 11:131-137.
- Ribas, P.M. (2014). Origem e Importância Econômica. In: Borém, A.; Pimentel, L.; Parrella, R. *Sorgo: do plantio à colheita*. Editora UFV, p. 9-36.

- Ribas, P.M.A implantação da cultura e importância econômica. Cultivo do Sorgo. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35404/1/plantio.pdf> >. Acessado em: 27 de novembro de 2018.
- Rodrigues, F.A., Oliveira, L.A., Korndörfer, A.P. (2011) Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. *Informações Agrônômicas*, Piracicaba, 34:14-20.
- Sampaio, T.G., Sampaio, N.V. (1994) Recobrimento de sementes. *Informativo Abrates*. 3: 20-52.
- Sampaio, T.G., Sampaio, N.V. (2009) Recobrimento de sementes de hortaliças. *In: Nascimento, W.M. Tecnologia de sementes de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p. 275-306.
- Santos, R.F., Carlesso, R. (1998) Défice hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 2(3):287-294.
- Santos, F.G., Casela, C.R., Waquil, J.M. (2005) Melhoramento de sorgo. *In: Borém, A. (Org.). Melhoramento de espécies cultivadas*. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, p. 429-466.
- Silva, A.G., Andrade, C.L.L., Goulart, M.M.P., Teixeira, I.R., Simon, G.A., Moura, I.C.S. (2017) Consórcio de sorgo granífero com braquiárias na safrinha para produção de grãos e biomassa. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16(3):495-508.
- Silva, A., Barros, A., Silva, L.H.S., Morães, E., Pires, R. (2009) Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, 39(2): 168-174. Recuperado de <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3320>
- Silva, D.J., Queiroz, A.C. (2006). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 235 p.
- Silva, F.W.A (2017). *Recobrimento de sementes de estilosantes*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. 84 p.
- Silva, J.B.C., Santos, P.E.C., Nascimento, W.M. (2002) Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura brasileira*, 20:67-70.
- Silva, R.P., Corá, J.E., Furlani, C.E.A., Lopes, A. (2008) Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 32(3):929-937.
- Silva, R.N.O., Arnhold, E., Araújo, B.L.; Oliveira, G.H.F., Costa, J.R.S., Oliveira Junior, E.A.; Lima, C.F. (2010) Comportamento agrônômico de cultivares de

- sorgo granífero avaliados em safrinha. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, 4(3):39.
- Simoni, F., Costa, R. S., Fogaça C.A., Gerolineto, E. (2011) Sementes de *Sorghum bicolor* L.-Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 11(1):188-192
- Soares, M.M., Santos Junior, H.C.; Simões, M.G., Pazzin, D., Silva, L.L. (2015) Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia-GO, 45 (4):3730-378.
- Sousa, P.G.F. (2016) *Revestimento em sementes de vinhático (Plathymenia reticulata Benth)*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 112p.
- Tambelini, M., Perez, S.C.J.G. (1998) Efeitos do estresse hídrico simulado com peg (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas. 20(1):226-232.
- Tbit. Manual do Usuário SAS – Sistema de Análise de Sementes. 1. ed. Lavras, MG, 2014, 152p.
- Toledo, M.Z., Castro, G.S.A., Crusciol, A.C., Soratto, R.P., Cavariani, C., Ishizuka, M.S., Picoli, L.B. (2012) Aplicação foliar de silício e qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca e trigo. *Semina: Ciências Agrárias*, 33:1693-1702.
- Viçosi, K.A., Silva, E.C; Galvão, C.S. (2018) Germinação e vigor de sementes de couve-flor submetido a estresse hídrico simulado. *Biodiversidade* 17(2):13-21.
- Yagi, R., Simili, F.F., Araújo, J.C.D., Prado, R.D.M., Sanchez, S.V., Ribeiro, C.E.R., Barretto, V.C.D.M. (2006) Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(4):655-660.
- Xavier, P.B., Vieira, H.D., Guimarães, C.P. (2015) Physiological potential of *Stylosanthes* cv. Campo Grande seeds coated with different materials. *Journal of Seed Science*, 37(2):117-124.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1. Análise da variância para atributos de qualidades físicas de sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) revestidas com silicato e calcário com diferentes proporções de areia

FV	GL	Quadrado Médio				
		Área	Circularidade	Diâmetro Máx.	Diâmetro Min.	Irregularidade do contorno
TRAT	9	0,00225*	0,00171*	0,0049*	0,0051*	0,00011*
RES	30	0,000018	0,0094	0,000044	0,000044	0,0000072
CV(%) =		2,71	1,06	1,41	1,58	8,93

Legenda: (ns) não significativo e (*) significativo segundo o Teste F ($P \leq 0,05$)

Quadro 2. Análise da variância para qualidades fisiológicas de sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) revestidas com silicato e calcário com diferentes proporções de areia

FV	GL	Quadrado Médio	
		Germinação (%)	IVG
TRAT	9	78,32*	28,74*
RES	30	24,90	1,58
CV(%) =		5,90	7,41

Legenda: (ns) não significativo e (*) significativo segundo o Teste F ($P \leq 0,05$)

Quadro 3. Análise da variância para emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento do sistema radicular (CSR) e massa seca do sistema radicular (MSR) de plântulas de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) revestidas com silicato e calcário com diferentes proporções de areia

FV	GL	Quadrado Médio					
		Emergência	IVE	CPA	MSPA	CSR	MSR
TRAT	9	107,65*	2,50*	6,74*	0,034*	29,48*	0,036*
BLOCO	3	261,70*	1,82*	15,65*	0,15*	88,85*	0,021*
RES	27	63,77	0,63	3,26	0,025	22,37	0,029
CV (%) =		13,66	16,02	6,26	14,69	16,74	21,48

Legenda: (ns), não significativo e (*) significativo segundo o Teste F ($P \leq 0,05$)

Quadro 4. Análise da variância para porcentagem de péletes (PM) múltiplos e porcentagem de material aderido sem péletes múltiplos (MASPM), em sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) revestidas com silicato e calcário em diferentes proporções com areia

FV	GL	Quadrado Médio	
		PM	MASPM
TRAT	8	46,503*	57,47*
RES	27	8,019	9,88
CV(%)=		65,293	3,32

Legenda: (ns), não significativo e (*) significativo segundo o Teste F ($P \leq 0,05$)

APÊNDICE B

Quadro 1. Análise da variância de sementes de sorgo não revestidas para primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG), porcentagem de plântulas anormais (PA), porcentagem de sementes não germinadas (NG) e índice de velocidade de germinação (IVG)

FV	GL	Quadrado Médio				
		PCG	PG	PA	NG	IVG
TRAT	5	411,50*	153,36*	71,76*	30,26*	20,13*
RES	18	28,72	14,94	15,16	9,66	0,54
CV (%) =		6,98	5,04	25,81	37,31	4,91

Legenda: (ns), não significativo e (*) significativo segundo o Teste F ($P \leq 0,05$)

Quadro 2. Análise da variância de sementes de sorgo revestidas para primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG), porcentagem de plântulas anormais (PA), porcentagem de sementes não germinadas (NG) e índice de velocidade de germinação (IVG)

FV	GL	Quadrado Médio				
		PCG	PG	PA	NG	IVG
TRAT	5	240,0*	248,56*	42,66*	95,76*	10,04*
RES	18	28,0	20,05	6,66	19,16	0,46
CV (%) =		9,98	7,21	24,98	15,87	6,76

Legenda: (ns), não significativo e (*) significativo segundo o Teste F ($P \leq 0,05$)