

ANGÉLICA FÁTIMA DE BARROS

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE EM
SEMENTES E NO SULCO DE PLANTIO NA CULTURA DO SORGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

B277a
2016 Barros, Angélica Fátima de, 1990-
Avaliação da aplicação de polímero superabsorvente em
sementes e no sulco de plantio na cultura do sorgo / Angélica
Fátima de Barros. – Viçosa, MG, 2016.
x, 44f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Leonardo Duarte Pimentel.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.38-44.

1. *Sorghum bicolor*. 2. Sorgo. 3. Sementes - Déficit hídrico.
4. Sementes - Revestimentos. 5. Polímeros. 6. Planta -
Crescimento. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 633.62

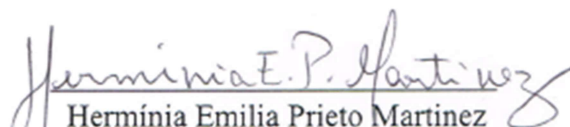
ANGÉLICA FÁTIMA DE BARROS

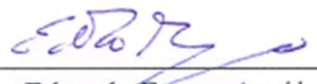
**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE EM
SEMENTES E NO SULCO DE PLANTIO NA CULTURA DO SORGO**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2016.


Hemlley Maria Acioli Imbuzeiro


Hermínia Emilia Prieto Martinez
(Coorientadora)


Eduardo Fontes Araújo
(Coorientador)


Leonardo Duarte Pimentel
(Orientador)

Aos meus pais Geraldo e Neuza e aos meus irmãos Tatiana e Guilherme

DEDICO

“Quando tudo parecer estar indo contra você, lembre-se de que o avião decola contra o vento, não a favor dele.” Henry Ford

“Sim, pois as dificuldades preparam pessoas comuns para destinos extraordinários.” C.S Lewis

AGRADECIMENTOS

À Deus, toda a minha força e inspiração. Sem Ele nada seria e nada poderia realizar.

À Universidade Federal de Viçosa, de forma especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar a pós-graduação. Estendo meus agradecimentos à todos os professores pelo aprendizado e aos funcionários do Vale da Agronomia e do Setor de fruticultura pela ajuda na condução dos trabalhos e por toda a gentileza e atenção que recebi.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Leonardo Duarte Pimentel, por todo o aprendizado, tanto profissional quanto pessoal. Levarei comigo um exemplo excepcional de pesquisador, professor e ser humano. Agradeço de coração todo o apoio que recebi em um momento muito difícil de minha vida. Graças à sua ajuda consegui prosseguir no mestrado e superar as dificuldades.

Aos Professores Hermínia E. P. Martinez e Eduardo F. Araújo, pelo apoio e colaboração.

Aos meus pais Geraldo e Neuza pela força imprescindível. Agradeço por acreditarem tanto em mim e por fazerem dos meus sonhos os seus.

Ao meu irmão Guilherme pelo apoio em todos os sentidos, inclusive nos experimentos. Agradeço imensamente por não me deixar desistir e por ter me mostrado o quão longe podemos chegar quando confiamos em Deus.

À minha irmã Tatiana, que apesar de toda a distância esteve tão presente, sempre me encorajando. Agradeço a preocupação e principalmente, todas as orações.

Aos meus avós Tereza e Pedro pelo grande carinho e pelo exemplo de perseverança. E à minha priminha Karol, cuja presença sempre tornou meus dias mais leves e felizes.

Aos meus tios por estarem sempre presentes, principalmente nos momentos difíceis. Agradeço especialmente ao meu tio Leandro, por toda a ajuda e paciência.

Ao meu namorado Adriano, por todo amor e companheirismo.

Aos meus amigos, Yasmim, Kelen, Cristiane, Rafael e Sarah que apesar da distância e do tempo não se ausentaram. Agradeço todo o carinho e preocupação.

À Vanessa, pela ajuda em todos os experimentos e pela amizade tão valiosa.

À Mariana, pelos conselhos e por todo o carinho.

Aos colegas da pós-graduação pela ótima convivência e pelos momentos vividos em churrascos e bares que tornaram estes dois anos mais especiais.

Aos amigos do Programa Sorgo: Diondevon, Evandro, Francisco, Giovana, Juan, Laurindo, Mateus Paixão, Matheus, Nataniel, Melina, Otto, Professor Leonardo, Thais, Tiago e Vanessa. Agradeço toda a ajuda nos experimentos e principalmente a amizade. Lembrarei com muita alegria de tudo o que vivemos juntos, dos momentos de descontração, das conversas tão prazerosas e do apoio nos momentos de dificuldade. Desejo, de coração, que a equipe se fortaleça ainda mais e que todos tenham muito sucesso.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Angélica Fátima de Barros, filha de Geraldo Evangelista de Barros e Neuza Antonia Macedo de Barros, nasceu em 15 de outubro de 1990 em Viçosa-MG.

Em 2014, graduou-se no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa.

Em 2014, ingressou no programa de pós-graduação em Fitotecnia em nível de mestrado.

Defendeu sua dissertação em fevereiro de 2016.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 AGRICULTURA BRASILEIRA E A ESCASSEZ DE ÁGUA.....	4
2.2 A CULTURA DO SORGO.....	5
2.3 SEMENTES DO SORGO E PROBLEMAS DE PLANTIO.....	7
2.4 REVESTIMENTO DE SEMENTES	8
2.5 POLÍMEROS SUPERABSORVENTES (PSA).....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Experimento 1	12
3.2 Experimento 2	15
3.3 Experimento 3	17
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Experimento 1	19
4.2 Experimento 2	24
4.3 Experimento 3	26
5. DISCUSSÃO	31
5.1 Experimento 1	31
5.2 Experimento 2	33
5.3 Experimento 3	34
6. CONCLUSÕES	37
7. REFERÊNCIAS	38

RESUMO

BARROS, Angélica Fátima de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Avaliação da aplicação de polímero superabsorvente em sementes e no sulco de plantio na cultura do sorgo.** Orientador: Leonardo Duarte Pimentel. Coorientadores: Hermínia Emília Prieto Martinez e Eduardo Fontes Araújo.

O Brasil é o quarto maior produtor de grãos ao nível mundial. Sua agricultura é baseada em cultivos de sequeiro, com duas safras por ano. As recorrentes secas observadas nos últimos anos têm colocado em risco a produção agrícola brasileira e consequentemente o abastecimento mundial por alimentos. A segunda safra geralmente é a mais afetada, por estar associada à maiores riscos climáticos, principalmente pela baixa pluviosidade. Nesse sentido, tecnologias que otimizem o uso da água podem potencializar a produtividade e, ou, reduzir os riscos de quebra de safra na agricultura. O uso de polímeros superabsorventes (PSA) vem sendo consolidado no setor florestal resultando em redução das irrigações de pegamento das mudas devido ao aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. Entretanto, não há relatos sobre o uso do PSA em culturas anuais. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de uso de polímero superabsorvente (PSA) como revestimento de sementes de sorgo em condições de estresse hídrico. Para isso, realizaram-se três experimentos inéditos: Experimento 1 – Sementes de sorgo com e sem revestimento com PSA foram semeadas em bandejas e submetidas a três intervalos de irrigação para induzir estresse hídrico nas plântulas. Avaliou-se a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência e, aos 26 dias após a semeadura, foram avaliadas a altura de plântulas, número de folhas por planta, taxa de sobrevivência e massa de matéria seca da parte aérea e da raiz. Verificou-se que o uso de PSA no revestimento de sementes pode contribuir com o desenvolvimento inicial de plântulas de sorgo e aumentar a taxa de sobrevivência em condições de déficit hídrico limitante ao cultivo. Contudo, o revestimento das sementes com PSA resultou em menores percentual e índice de velocidade de emergência. Experimento 2 – Para simular as condições de campo foram semeadas em vasos sementes de sorgo com e sem revestimento com PSA e também a aplicação do PSA no sulco de plantio, a fim de avaliar o uso e o método de aplicação do PSA. Aos 30 dias após a semeadura avaliou-se o estande de plantas,

número de folhas por planta, altura de plantas e massa de matéria seca das folhas, do colmo e da raiz. Houve benefício do PSA quando aplicado no sulco de plantio para o crescimento vegetativo de plantas de sorgo. Contudo, também se observou interferência negativa do PSA na emergência das plântulas de sorgo cujas sementes foram revestidas com PSA. Experimento 3 – O uso do PSA foi testado em condições de campo, no período da segunda safra. O plantio foi realizado com sementes com e sem revestimento com PSA e também aplicação de diferentes doses do PSA no sulco de plantio. Aos 109 dias após a semeadura avaliou-se o estande de plantas, a altura de plantas, o diâmetro do colmo e a massa de matéria seca das folhas, do colmo e da panícula. Devido à elevada precipitação na fase inicial do experimento, não foi possível comprovar o possível efeito benéfico dos PSA no cultivo do sorgo em condição de sequeiro. Porém, o PSA aplicado como revestimento de semente prejudicou a emergência das plântulas, a altura e a matéria seca total. Conclui-se que o PSA aplicado em sulco de plantio apresenta potencial para ser utilizado na agricultura de sequeiro. Por outro lado, o PSA aplicado como revestimento de sementes prejudica a emergência e o índice de velocidade de emergência das plântulas. Entretanto, por se tratar de um estudo pioneiro, sugere-se a necessidade de novos trabalhos para investigar a interação entre o PSA e a semente a fim de melhorar a taxa de germinação das sementes revestidas que parece ser um dos maiores gargalos no momento para validar o potencial de uso destes materiais nas culturas arvenses.

ABSTRACT

BARROS, Angélica Fátima de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2016. **Evaluation of super absorbent polymer application in seeds and planting furrow in sorghum crop.** Adviser: Leonardo Duarte Pimentel. Co-advisers: Herminia Emília Prieto Martinez and Eduardo Fontes Araújo.

Brazil is the fourth largest producer of grains worldwide. Its agriculture is based on rainfed crops, with two crops per year. The recurrent droughts observed in recent years have placed at risk the Brazilian agricultural production and consequently the global supply of food. The second crop is usually the most affected, it is associated with higher climate risks, especially for low rainfall. In this sense, technologies that optimize the use of water can enhance productivity and or reduce crop failure risks in agriculture. The use of superabsorbent polymers (PSA) has been consolidated in forestry resulting in reduction of irrigation of seedlings establishment due to increased water storage capacity of the soil. However, there are no reports on the use of PSA in annual crops. In this context, the aim of this work was to evaluate the superabsorbent polymer use potential (PSA) as sorghum seed coating in water stress conditions. For this, there were three unpublished experiments: Experiment 1 - sorghum seeds with and without coating with PSA were sown in trays and subjected to three intervals of irrigation to induce water stress in plants. We evaluated the emergence percentage and emergence speed index and the 26 days after sowing, were evaluated seedling height, number of leaves per plant, survival rate and dry weight of shoot and root. It has been found that the use of PSA in the seed coating may contribute to the initial development of sorghum seedlings and increase the survival rate limiting drought conditions for cultivation. However, the coating of seeds with PSA resulted in lower percentage and emergence speed index. Experiment 2 - To simulate field conditions were sown in sorghum seed pots with and without coating with PSA and also the application of the PSA in the furrow, in order to evaluate the use and method of application of PSA. At 30 days after sowing evaluated the plant stand, number of leaves per plant, plant height and dry mass of leaves, stem and root. There was benefit of PSA when applied at planting to vegetative growth of sorghum plants. However, there was also negative interference of PSA in the emergence of sorghum whose seeds were coated with PSA.

Experiment 3 - The use of PSA has been tested in field conditions, during the second season. Trees were planted with seeds with and without coating with PSA and also applying different PSA doses at planting. To 109 days after sowing evaluated the plant stand, plant height, diameter of the stem and the dry weight of the leaves, stem and panicle. Due to heavy rainfall in the initial phase of the experiment, it was not possible to prove the possible beneficial effect of PSA in sorghum cultivation in rainfed condition. Nevertheless, the PSA applied as a seed coating damaged seedling emergence, height and total dry matter. It is concluded that the PSA applied in the furrow has the potential to be used in rainfed agriculture. On the other hand, the PSA applied as a seed coating impairs the emergence and seedling emergence rate index. However, because it is a pioneering study, it suggests the need for further work to investigate the interaction between the PSA and the seed in order to improve the germination rate of the coated seeds that seems to be one of the biggest bottlenecks in time to validate the potential use of these materials in arable crops.

1. INTRODUÇÃO

As projeções do setor agropecuário indicam aumento pela demanda de alimentos, fibras e bioenergia nas próximas décadas, em consequência do aumento da população mundial e melhora de poder aquisitivo em países emergentes (Gilbert, 2010). Por outro lado, estas projeções confrontam-se com previsões de um possível aquecimento global, com riscos de perdas de áreas agrícolas por desertificação e ou pelo aumento de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas (Streck & Alberto, 2006). Essa possibilidade evidencia enorme desafio para a humanidade, especialmente quanto à produção de alimentos, visto que a água é o principal componente dos organismos vivos e também é o recurso mais limitante à produção vegetal (Mueller *et al.*, 2012).

O Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo (USDA, 2014). Cerca de 96% dessa produção ocorre em condições de sequeiro (Paulino *et al.*, 2011). Além disso, nas regiões produtoras de grãos, como Goiás, Mato Grosso, Bahia e Minas Gerais, é comum o cultivo de duas safras: uma na primavera/verão (maior precipitação) e outra no outono/inverno (menor precipitação), cuja produção poderá ser ainda mais afetada, comprometendo o abastecimento mundial.

Normalmente, os cultivos de outono/inverno (segunda safra) apresentam maiores riscos para os produtores, uma vez que aumentam as probabilidades de eventos climáticos limitantes à produção vegetal, como menor volume de chuvas e maior intervalo entre as precipitações, baixas temperaturas (geadas), redução da radiação solar que chega à superfície e do comprimento do dia. Nesse período do ano, frequentemente, a quebra de safra está associada à falta de chuvas e, ou, às baixas precipitações durante a fase de estabelecimento da lavoura (Borghetti *et al.*, 2014).

Existem estratégias que visam minimizar esse risco, como o sistema de plantio direto, o terraceamento e o cultivo em nível, os quais contribuem para conservação do solo e a retenção da água. Além disso, busca-se substituir cultivos com maior demanda hídrica por variedades ou espécies menos exigentes em água, como a substituição do plantio de milho (*Zea mays* L.) pelo sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) nas regiões com maior probabilidade de déficit hídrico. Contudo, essas

técnicas visam principalmente à conservação da água no solo e à exploração do potencial genético das plantas, mas não garantem emergência e desenvolvimento inicial satisfatórios das plântulas, em caso de déficit hídrico severo, uma vez que há um limite ambiental e genético para estas estratégias, respectivamente.

Agregar tecnologias que permitam maior eficiência no uso da água, poderiam reduzir os riscos de perdas na fase de implantação dos cultivos de sequeiro. No setor florestal tem sido utilizados polímeros superabsorventes com o objetivo de minimizar o estresse hídrico no plantio de mudas de eucaliptos e pinus (Lopes *et al.*, 2010; Oriquiriza *et al.*, 2013). No Brasil, estes polímeros têm sido amplamente utilizados nos plantios de inverno, visando a reduzir a mortalidade de mudas e a frequência de irrigações de pegamento.

Os polímeros superabsorventes (PSA), também conhecidos por hidrogéis, são materiais higroscópicos constituídos por monômeros de acrilamida (ácido acrílico e acrilato de sódio ou potássio). O grupo carboxílico ao longo da cadeia do polímero confere alta capacidade de absorção de água, embora as ligações cruzadas presentes na cadeia evitem sua completa solubilização (Bortolin *et al.*, 2012). Essas características possibilitam inúmeros usos industriais aos PSA. A poliacrilamida é o principal polímero utilizado na agricultura e absorve água por meio da formação de pontes de hidrogênio (Ahmed, 2015). Neste caso, o PSA pode absorver de 200 a 400 vezes o seu peso em água e aumentar seu tamanho em até 100 vezes. Os produtos final da degradação dos PSA são dióxido de carbono, água e amoníaco (Wallace & Wallace, 1986). Portanto, os PSA geralmente não oferecem risco de efeito residual no ambiente agrícola.

Há relatos na literatura que demonstram que o PSA é capaz de duplicar a capacidade de armazenamento da água no solo e melhorar sua aeração e a condutividade elétrica (Balena, 1998; Tormena *et al.*, 1999; Gervasio & Frizzone, 2004; Mendonça *et al.*, 2013). De acordo Nimah *et al.* (1983), em solos arenosos o PSA permite um acréscimo de 125% na disponibilidade de água, e em solos argilosos, de 25 a 30% de acréscimo. Dessa forma, o efeito do PSA tem sido estudado em diversos sistemas de cultivo. Buzetto *et al.*, (2002), Navroski *et al.* (2015) e Lopes *et al.* (2010) constataram as vantagens do PSA no crescimento de mudas de eucalipto. Verificou-se também o aumento da taxa de sobrevivência de mudas de pinhão-manso (Dranski *et al.*, 2013), citros (Ferreira *et al.*, 2014) e café

(Marques *et al.*, 2013) cultivados em ambiente de sequeiro e, ou, com irrigação suplementar reduzida.

Em todos esses trabalhos, o uso dos PSA se dá como condicionador de solo, ou seja, o produto é misturado no solo para aumentar a retenção de água e reduzir a necessidade de irrigações suplementares. Neste caso, o uso deste produto em culturas anuais seria inviável, devido às grandes extensões de terras cultivadas, o que demandaria um volume muito grande deste insumo na agricultura. Por outro lado, se o produto fosse aplicado via semente, a quantidade a ser aplicada seria pequena e poderia otimizar o desenvolvimento inicial das plântulas em condições de déficit hídrico. Assim, o PSA poderia favorecer a hidratação da semente, assegurando o estabelecimento da cultura, reduzindo os riscos de quebra de safra na agricultura de sequeiro e potencializando a produção de alimentos para a população mundial. Porém, não há registros de uso dos PSA para culturas anuais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso de polímero superabsorvente no revestimento de sementes de sorgo e comparar a eficiência do método de aplicação na semente e no sulco de plantio. Para isso, foram realizados três experimentos inéditos, sendo dois destes em casa de vegetação (bandeja e vaso) e o terceiro em condições de campo. O sorgo foi escolhido como planta indicadora neste trabalho por ser o cereal mais tolerante ao déficit hídrico. Assim, espera-se que, se for observado efeito benéfico do PSA no revestimento de sementes sorgo, este efeito poderia ser verificado também em outras espécies propagadas por sementes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA BRASILEIRA E A ESCASSEZ DE ÁGUA

O Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo, com os Estados Unidos, China e Índia ocupando as primeiras posições (USDA, 2014). Em 2015, foram produzidos 205 milhões de toneladas de grãos em aproximadamente 45 milhões de ha cultivados, considerado um recorde para a agricultura nacional (Conab, 2015). Cerca de 95% destas áreas foram cultivadas em condições de sequeiro (MMA/ANA, 2007), o que representa elevado risco para a agricultura brasileira, devido às frequentes secas observadas nos últimos anos. Sua agricultura é baseada em cultivos de sequeiro, com duas safras por ano, apesar da pequena parcela irrigada contribuir com parte significativa da produção. As frequentes secas observadas nos últimos anos têm colocado em risco a produção agrícola brasileira e, conseqüentemente, a segurança alimentar mundial, visto que o déficit hídrico é um dos fatores mais limitantes à produção agrícola (Mueller *et al.*, 2012).

A escassez de água tem afetado a população brasileira, inclusive com o comprometimento de abastecimento das cidades. Conseqüentemente, a agricultura foi severamente penalizada pela proibição de uso de sistemas de irrigação em várias regiões do País (Abreu, 2015). Infelizmente, as perspectivas futuras não são otimistas. Nesse sentido, o setor agrícola precisa investir em novas tecnologias para subsidiar a produtividade na agricultura de sequeiro e garantir a produção de alimentos em quantidade e preços competitivos para suprir a demanda da humanidade.

O calendário agrícola brasileiro segue o regime de chuvas, que é mais frequente no verão (outubro a março). Nos meses subsequentes, na segunda safra (abril a julho), o risco de quebra em safra pela falta de água é ainda maior. Devido a isso, têm sido utilizadas várias estratégias de manejo, como variedades de ciclo precoce na safra principal para antecipar o plantio da segunda safra, plantio direto e até mesmo a substituição de culturas tradicionais, como o milho, pelo sorgo, que é mais tolerante ao déficit hídrico (Embrapa, 2015).

A falta de água afeta drasticamente a produtividade das culturas, principalmente quando ocorre nas fases de estabelecimento e enchimento de grãos.

Dessa maneira, esse tem sido o principal problema responsável pela quebra de safra no país. Em 2015, por exemplo, de acordo com a Federação de Agricultura e Pecuária de Goiás (Faeg), a escassez de chuvas em Goiás provocou uma perda de 20 % da produção de soja, com um prejuízo estimado em R\$ 448 bilhões. Nesse mesmo ano, a seca provocou uma perda de 20% na produção de café no Triângulo Mineiro, equivalente à média de 185 mil sacas, de acordo com um laudo técnico divulgado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) de Minas Gerais. Já no oeste da Bahia, na safra 2014/2015 a estiagem resultou em perda de 17% na produção de milho, com redução de 369 mil t/ha na produtividade (Ferreira, 2015).

Tendo em vista a vulnerabilidade da agricultura brasileira à escassez de água, o setor agrícola precisa investir em novas tecnologias para subsidiar a produção de sequeiro. Assim, será possível garantir a produção de alimentos em quantidade e preços competitivos com as demandas da humanidade.

2.2 A CULTURA DO SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor L.*) é o quinto cereal mais cultivado no mundo, superado apenas pelo milho, trigo, arroz, e cevada (Ribas, 2008). A cultura apresenta grande importância na alimentação humana em países da África e Ásia. Estudos demonstram ainda o grande potencial para inclusão na dieta de celíacos, devido à ausência do glúten em sua composição (Queiroz *et al.*, 2009). Contudo, na América, a produção de grãos destina-se basicamente à alimentação animal, podendo substituir totalmente o milho em rações para vacas leiteiras e suínos; e no caso de aves até 50 % (Goes *et al.*, 2013). No Brasil, a prioridade tem sido o uso em sistemas de produção integrados, como o plantio direto. Complementar a isso, a oferta do produto no país é direcionada à fabricação de ração e à agroindústria (Duarte, 2008).

O sorgo é uma planta C4, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas. As folhas do sorgo possuem depósito de substância cerosa na junção da bainha com o limbo, que reduz a perda de água na transpiração. Além disso, o sorgo requer menos água para se desenvolver, quando comparado a outros cereais, adaptando-se bem às regiões semiáridas e com chuvas escassas (Magalhães *et al.*, 2014).

A tolerância ao déficit hídrico pela cultura do sorgo 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. Outra estratégia de sobrevivência utilizada pela planta é a adaptação, relacionada ao nível bioquímico, na qual a planta é capaz de reduzir o metabolismo, murchar e recuperar-se quando o estresse é interrompido (Magalhães *et al.*, 2014).

Agronomicamente, existem cinco diferentes tipos de sorgo. O sorgo granífero apresenta cultivares de porte baixo, de 1,00 até 1,50 m, aptos à colheita mecanizada de grãos, colmos suculentos e grãos relativamente grandes e de cores variadas. O sorgo forrageiro cultivado para produção de silagem e para corte verde. As plantas apresentam colmos suculentos, boa produtividade de grãos e porte entre 2,0 a 3,0 m. O sorgo sacarino, fenotipicamente semelhante ao sorgo para silagem, possui colmos suculentos com elevada produção de açúcares, similar à cana-de-açúcar. Nesse sentido, tem sido considerado como fonte alternativa para produção de energia, com destaque no setor sucroenergético, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar. O sorgo biomassa possui um ciclo de 180 dias e porte superior a 5 m. Apresenta colmos grossos e fibrosos, panículas pequenas e baixa produção de grãos. Tem sido utilizado em usinas termelétricas e indústrias que geram energia para consumo próprio, devido ao alto poder calorífero e elevada produtividade de biomassa. Existe ainda o sorgo vassoura, que é utilizado para produção de vassouras artesanais, principalmente no âmbito da agricultura familiar. Geralmente são utilizadas variedades que atingem de 2,00 até 3,00 m de altura, com panículas longas e abertas (Foltran, 2012).

Normalmente, o ciclo da maioria dos híbridos de sorgo dura cerca de 120 dias sendo dividido em três fases. A primeira fase compreende a emergência e se estende até a diferenciação floral, por volta dos 30 dias após o plantio. Esta fase caracteriza-se pelo desenvolvimento inicial lento e alta sensibilidade à competição por plantas daninhas. A segunda fase vai da diferenciação floral até a floração propriamente dita, em geral do 30º ao 60º dia após o plantio. Este é o estágio de rápido desenvolvimento e acúmulo de matéria seca e nutrientes.

O déficit hídrico no estágio EC2 provoca mais danos à planta do que em EC1, uma vez que poderá provocar a redução das taxas de crescimento da panícula e das folhas e no número de sementes por panícula. Já a escassez de água em EC3

pode contribuir para a senescência rápida das folhas inferiores, com consequente redução no rendimento de grãos (Magalhães *et al.*, 2012).

Logo, a melhoria das condições ambientais nas fases um e dois, visando garantir um bom estado de plantas e maior velocidade de crescimento inicial, podem influenciar de maneira significativa na produtividade da cultura.

2.3 SEMENTES DO SORGO E PROBLEMAS DE PLANTIO

A semente de sorgo é pequena e tem poucas reservas para promover um rápido arranque inicial. Por isso, a plântula de sorgo apresenta crescimento inicial lento, sendo muito frágil no estágio de emergência até os 30 dias de idade (Fase 1). Esse desenvolvimento inicial lento torna a planta de sorgo mais susceptível ao déficit hídrico e à competição por plantas daninhas na fase de estabelecimento da cultura (Ribas, 2008).

Outro problema de sementes pequenas é a dificuldade de semeadura. A profundidade recomendada para o sorgo é entre 3 a 5 cm enquanto que o fertilizante é depositado de 8 a 10 cm de profundidade (Ribas, 2008). Em situações com baixa umidade do solo e presença de torrões é difícil realizar uma semeadura uniforme e é comum a presença de falhas no plantio e de desenvolvimento irregular devido às diferenças observadas na velocidade de emergência. Dessa forma, podem ocorrer falhas na emergência, plantas dominadas e redução na população de plantas, que resultam em perda de produtividade.

Estes fatores (semente pequena e desenvolvimento inicial lento) são os principais gargalos da cultura. Logo, as vantagens da cultura, como tolerância ao déficit hídrico, rusticidade e baixo custo de produção quando comparado à cultura do milho, são subexplorados no Brasil, que apresenta problemas de déficit hídrico e elevado risco para o produtor (Pimentel *et al.*, 2014).

Assim, tecnologias que visem aumentar o tamanho da semente e garantam o seu estabelecimento inicial no campo seriam extremamente importantes e trariam significativas contribuições para a agricultura brasileira.

2.4 REVESTIMENTO DE SEMENTES

A técnica de revestir sementes foi utilizada pela primeira vez pelos chineses em sementes de arroz. Essa descoberta facilitou o plantio com o uso do calcário, que aumentou a densidade das sementes, permitindo que estas afundassem na água (Baudet & Peres, 2004). Posteriormente, o revestimento foi utilizado em sementes de hortaliças para a uniformização do tamanho e da forma, com consequente redução dos custos de produção, devido à economia no raleio (Coraspe *et al.*, 1993).

O mercado agropecuário tem evoluído muito nas últimas décadas. Diversas inovações tecnológicas têm contribuído para incrementos constantes de produtividade a cada ano agrícola. Nesse sentido, o recobrimento de sementes é uma tecnologia que vem se consolidando no Brasil.

O objetivo principal de qualquer tipo de revestimento em sementes é facilitar e otimizar a semeadura, além do controle fitossanitário preventivo. Existem três diferentes tipos de revestimento de sementes, que são classificados de acordo com a finalidade do uso: peletização, peliculização e incrustação (Gadotti & Puchala, 2010).

A peletização baseia-se na agregação de pós e líquidos no revestimento de sementes. A semente tem seu tamanho e formato completamente modificado em relação ao original. Nesse processo, o incremento de peso é maior que o promovido pelas demais técnicas de revestimento, além de dispor de máquinas e etapas do processo distintas.

Outra tecnologia, conhecida como peliculização, é utilizada em sementes de milho, soja, algodão e arroz. Consiste de um filme líquido, geralmente feito em camada única, que garante boa adesão e distribuição dos produtos fitossanitários utilizados no tratamento de sementes. Nessa técnica não há alteração significativa no peso e formato das sementes. Contudo, há melhoria da fluidez na semeadura, além de permitir a identificação e rastreabilidade visual.

Existe ainda a incrustação, empregada para sementes de cenoura, cebola, beterraba, milho doce, braquiária, milho e girassol. O tratamento combina a agregação de pós e líquidos, que são adicionados de forma alternada ou simultânea e em diversas camadas para formar uma pequena cápsula ao redor das sementes.

Logo, ocorre alteração no tamanho, formato e peso das sementes, que são geralmente distribuídas em mecanismos pneumáticos ou a lanço, para plantio direto.

Além disso, o revestimento de sementes tem sido estudado com o uso de micro e macronutrientes (Binneck *et al.*, 1999; Peske *et al.*, 2009; Funguetto *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2013), fungicida (Bays *et al.*, 2007; Pires *et al.*, 2004), inseticidas (Pereira *et al.*, 2011) e hormônios vegetais (Arsego *et al.*, 2006).

Tavares *et al.* (2012) avaliaram sementes de arroz recobertas com calcário dolomítico e silicato de alumínio e verificaram que as plântulas, 20 dias após a emergência, tiveram maior fitomassa fresca. Bays *et al.* (2007) recobriram sementes de soja com fungicida, micronutriente e um polímero colorido e obtiveram melhoria no estabelecimento inicial das plântulas.

Diniz *et al.* (2009) estudaram o efeito da aplicação de micronutrientes e reguladores de crescimento na germinação e no vigor de sementes de alface, durante o armazenamento, e observaram aumento da velocidade de emergência das plântulas. Prado & Mouro (2007) aplicaram zinco no revestimento de sementes de sorgo e constataram aumento de matéria seca das plântulas 20 dias após a emergência e incremento na absorção de macronutrientes como cálcio, fósforo e magnésio. Trabalhos semelhantes foram realizados por Vasconcelos *et al.* (2000) com sementes de sorgo revestidas com calcário que mostraram aumento na absorção de fósforo e potássio.

Logo, os trabalhos descritos na literatura investigaram o uso de diversos produtos como inseticida, fungicidas, hormônios e nutrientes no revestimento de sementes. Porém, não existem trabalhos que tenham avaliado o uso de polímeros superabsorventes com essa mesma finalidade.

2.5 POLÍMEROS SUPERABSORVENTES (PSA)

Os polímeros superabsorventes (PSA), também conhecidos como hidrogéis ou polímeros hidretentores, foram desenvolvidos na década de 1950 por Wichterle e Lím a partir do copolímero 2- hidroxietil metacrilato com etileno-dimetilacrilato, sendo este o primeiro biomaterial designado para aplicação médica, usado inicialmente como lentes de contato (Motta, 2009). Posteriormente, uma

empresa americana desenvolveu o polímero com aplicação na agricultura como condicionador de solo. Após o vencimento da patente na década de 1970, uma empresa britânica aperfeiçoou as propriedades do produto, ampliando a capacidade de retenção de água de 20 para 400 vezes (Azevedo *et al.*, 2002). Entretanto, o uso do PSA não se difundiu na agricultura, devido ao alto custo e à falta de informações sobre o uso e a aplicação (Wofford Jr. & Koski, 1990).

Os polímeros superabsorventes são constituídos por monômeros de acrilamida (ácido acrílico e acrilato de sódio ou potássio). Ao longo da cadeia desses compostos existem grupos carboxílicos que permitem a formação de pontes de hidrogênio, conferindo alta capacidade de retenção de água (Ahmed, 2015). Podem absorver de 200 a 400 vezes o seu peso em água e aumentar seu tamanho em até 100 vezes (Bortolin *et al.*, 2012).

As ligações cruzadas presentes na cadeia do polímero evitam sua completa solubilização, o que confere o aspecto gelatinoso do PSA. Os produtos finais da degradação dos PSA são dióxido de carbono, água e amoníaco (Wallace & Wallace, 1986). Portanto, não existe problema relacionado à toxicidade residual no ambiente.

Essas características permitem a esse produto diversos usos industriais, sendo que os PSA são amplamente utilizados na fabricação de fraldas descartáveis e produtos de higiene feminina, lentes de contato flexíveis e em medicamentos de liberação controlada (Rosa *et al.*, 1992).

As pesquisas com polímeros superabsorventes ganharam destaque na agricultura a partir da década de 80, quando diversos trabalhos foram publicados demonstrando a capacidade de armazenamento de água no solo e a economia com irrigações suplementares na produção de mudas (Nimah *et al.*, 1983; Johnson, 1984; Henderson & Hensley, 1986; Adams & Lockaby, 1987).

A partir daí, o uso dos polímeros superabsorventes tem sido consolidado no setor florestal, especialmente no plantio de mudas de eucalipto (Buzetto *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2010) e pinus (Liu *et al.*, 2013), com o objetivo de reduzir as irrigações de pagamento. Além disso, o PSA tem sido utilizado na horticultura, misturados ao substrato, visando minimizar o estresse hídrico (Sayed *et al.*, 1991; Demartelaere *et al.*, 2009; Marques *et al.*, 2010). Segundo Prevedello & Loyola (2007), a adição de polímeros higroscópicos aumenta progressivamente a umidade

do solo, chegando a duplicar a capacidade de armazenamento da água. Oliveira *et al.*, 2004 compararam o efeito do PSA em dois tipos de solos e verificaram que ele aumentou a umidade em cerca de 41% para um solo arenoso e em 37% para o solo argiloso.

O uso de PSA também aumenta a taxa de sobrevivência das mudas no transplântio, como verificado por Dranski *et al.* (2013) em pinhão-manso e Thomas (2008) em eucalipto. Outros trabalhos na literatura confirmam as vantagens do PSA como condicionador do solo (Gervasio & Frizzone, 2004; Mendonça *et al.*, 2013; Klein & Klein, 2015).

Além de reter a água do solo, o PSA também reduz a lixiviação de nutrientes, aumentando a eficiência de uso de fertilizantes e reduzindo problemas de contaminação de águas subterrâneas, evidenciando potencial de uso na agricultura (Curcio & Picci, 2008; Liu *et al.*, 2013).

Logo, a utilização de PSA em culturas anuais pode ser uma estratégia em condições de risco de déficit hídrico. Porém, o uso como condicionador do solo é inviável, devido às extensas áreas cultivadas, o que iria requerer alto investimento com o produto. Entretanto, o uso dos PSA no revestimento de semente poderia ser uma alternativa eficaz e de baixo custo para garantir o desenvolvimento inicial e estabelecimento das plântulas no campo. Contudo, não existem trabalhos na literatura explorando esta estratégia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos, sendo dois desses em casa de vegetação (bandeja e vaso) e o terceiro em condições de campo. Avaliou-se o potencial de uso e o método de utilização do polímero superabsorvente (PSA) como revestimento de sementes e no sulco de plantio através de características fitotécnicas como emergência, índice de velocidade de emergência, taxa de sobrevivência, altura de plantas, diâmetro do colmo e massa de matéria seca da folha, colmo e panícula.

O recobrimento das sementes, para os três experimentos, foi realizado em laboratório, no dia anterior à sementeira. Com o auxílio de uma pinça, as sementes foram umedecidas com cola a base de acetato de polivinila (*Cascorez extra*[®]) na concentração 20 % (v/v), visando a aderir o PSA às sementes a seco. O PSA utilizado foi o produto comercial *Agrogel*[®]. Para isto, colocou-se em uma placa de Petri a quantidade de PSA a ser aplicada em 100 sementes, as quais foram revestidas manualmente com auxílio de uma pinça. Cada semente foi revestida com 0,05 g do PSA (produto comercial), em média. Esta concentração foi determinada em ensaios preliminares à montagem deste experimento. Foram utilizadas sementes comerciais de sorgo forrageiro, variedade BRS 655, com germinação de 91% e umidade de 12%, determinadas antes da montagem do experimento, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

3.1 Experimento 1

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de janeiro a fevereiro de 2015. As condições ambientais durante a condução do experimento estão descritas na Figura 1. Foi avaliado o revestimento de sementes de sorgo com o PSA, em condições de déficit hídrico simulado pelo aumento dos intervalos entre as irrigações.

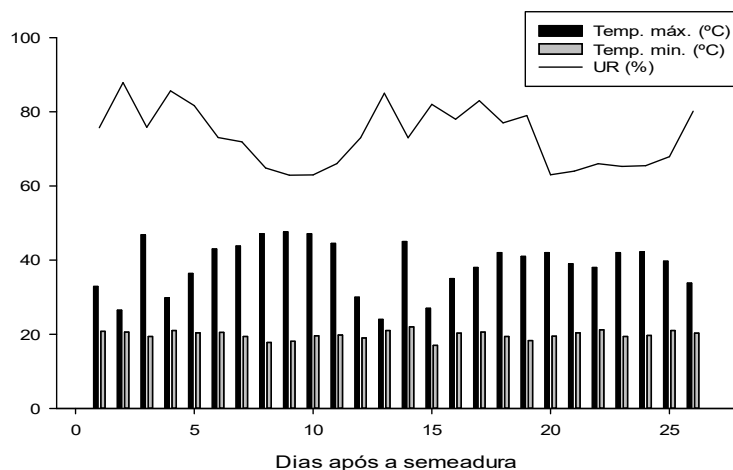


Figura1. Média diária da umidade relativa do ar, temperatura máxima média e temperatura mínima média diárias da casa de vegetação durante o período de condução do experimento, 09/01/2015 a 04/02/2015.

Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, no esquema fatorial 2 x 3, dois tipos de recobrimento de sementes (com e sem revestimento com PSA = fator 1) e três intervalos entre as irrigações (48, 72 e 96 horas = fator 2), com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por uma bandeja contendo 100 sementes. As sementes de sorgo foram distribuídas em 4 sulcos (25 sementes/sulco) com espaçamento de 6 cm entre sulcos e profundidade de 4 cm. As bandejas plásticas utilizadas apresentavam as seguintes dimensões: 55 cm de comprimento, 36 cm de largura e 18 cm de altura. Também apresentavam orifícios com cerca de um cm de diâmetro na parte inferior para viabilizar a drenagem. Além disso, as bandejas foram revestidas internamente com tela agrícola de polietileno com malha de 50 mesh, a fim de se evitar perda de substrato pelos orifícios das caixas. Como substrato, utilizou-se mistura com volume de 60% solo, 30 % areia e 10% de substrato comercial *Plantimax*[®] (Tabela 1).

Tabela 1. Análise físico-química do substrato utilizados no experimento 1 e 2, e da amostra de solo coletada para o experimentos 3.

Exp. 1	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	CTC (t)	CTC (T)	
	(H ₂ O)	mg/dm ³		Cmol _c / dm ³						
	5,16	21,6	104	2,9	1,28	0	4,45	4,45	6,95	
	V	m	MO	P _{rem}	Argila	Silte	Areia			
	%		dag/Kg	mg/dm ³	Kg/Kg					
	64	0	1,75	15,6	0,439	0,002	0,559			
Exp. 2	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	CTC (t)	CTC (T)	
	(H ₂ O)	mg/dm ³		Cmol _c / dm ³						
	5,93	18,9	150	3,02	0,46	0	3,86	3,86	4,56	
	V	m	MO	P _{rem}	Argila	Silte	Areia			
	%		dag/Kg	mg/dm ³	Kg/Kg					
	84,6	0	0,4	20	0,298	0,006	0,695			
Exp. 3	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	CTC (t)	CTC (T)	
	(H ₂ O)	mg/dm ³		Cmol _c / dm ³						
	5,34	68,3	117	4,35	1,33	0	6,13	6,13	11,33	
	V	m	MO	P _{rem}	Argila	Silte	Areia			
	%		dag/Kg	mg/dm ³	Kg/Kg					
	54,1	0	15,6	15,6	0,502	0,202	0,299			

Dados:

P - K - Extrator Mehlich 1

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V = Índice de Saturação de Bases

m = Índice de Saturação de Alumínio

Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇4N + H₂SO₄ 10N

P-rem = Fósforo Remanescente

Os intervalos entre as irrigações nos tratamentos foram: Irrigação 1- intervalo entre irrigações de 48 h; Irrigação 2- intervalo entre irrigações de 72 h e; Irrigação 3- intervalo entre irrigações de 96 h. Todas as irrigações foram realizadas a fim de elevar a umidade do substrato até a capacidade de campo, aferida pela saída de água no fundo da bandeja.

Foram avaliados a porcentagem de emergência (E) e o índice de velocidade de emergência (IVE), que foi obtido através da contagem e anotação diária, no mesmo horário, do número de plântulas que apresentavam a alça do coleóptilo visível. No vigésimo sexto dia após a semeadura foi calculado o índice de velocidade de emergência, de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962):

$$IVE = (E1/N1) + E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (En/Nn)$$

Em que:

E1, E2, E3,...,En: número de plântulas emergidas na primeira, segunda, terceira e última contagem.

N1, N2, N3,..., Nn: dias contados da sementeira à primeira, segunda, terceira e última contagem.

Aos 26 dias após a sementeira, realizaram-se as seguintes avaliações: 1) altura de plântulas (cm), medida com régua graduada em milímetros da superfície do solo até a última folha completamente expandida; 2) número de folhas, contadas em uma amostra aleatória de 10 plantas por unidade experimental; 3) taxa de sobrevivência (%), calculada pela razão entre a quantidade de plântulas vivas no final do experimento e quantidade de plântulas emergidas. Posteriormente, procedeu-se à lavagem das raízes de 10 plântulas selecionadas aleatoriamente dentro de cada unidade experimental, as quais foram seccionadas em raiz e parte aérea, acondicionadas em papel kraft, e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas. Após esse período, realizou-se a pesagem em balança analítica para determinar: 4) massa de matéria seca de raiz e; 5) massa de matéria seca de parte aérea.

Após a quantificação dos dados, procedeu-se à análise de variância pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade e realizou-se teste de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o software livre R versão 2.11.1 (2010).

3.2 Experimento 2

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de março a abril de 2015. As condições ambientais durante a condução do experimento estão descritas na Figura 2.

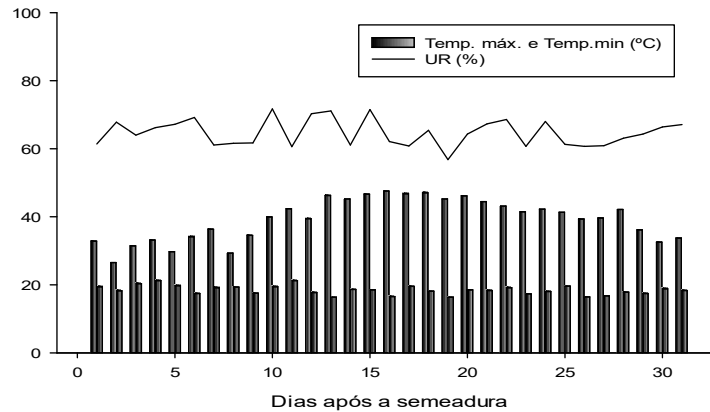


Figura 2. Média diária da umidade relativa do ar, temperatura máxima média e temperatura mínima média diárias da casa de vegetação durante o período de condução do experimento, 02/03/2015 a 02/04/2015.

Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, no esquema fatorial 3 x 4. O primeiro fator foi constituído pelos três métodos de aplicação do PSA (sem PSA ou controle, sementes revestidas com PSA e PSA aplicado no sulco de plantio) e, o segundo fator, constituiu-se dos quatro intervalos entre as irrigações (48, 72, 96 e 120 horas), com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por um vaso com 3 plântulas de sorgo.

A semeadura foi realizada em vasos plásticos com volume de 5 L. Para simular uma situação real de plantio, utilizaram-se três sulcos com espaçamento de 12 cm que juntos formaram um triângulo equilátero, onde as sementes foram colocadas em cada vértice. Como substrato, utilizou-se mistura com volume de 30% solo, 60 % areia e 10% de substrato comercial *Plantimax*[®] (Tabela 1). Na adubação, foram colocados 5g de 8:28:16 por vaso, a uma profundidade de 5 cm, sendo distribuídas 2 sementes/sulco (total de 6 sementes/vaso) a uma profundidade de 3 cm. Nos tratamentos com o PSA colocado no sulco de plantio, aplicou-se, juntamente com o adubo, uma quantidade de 3 g de PSA.

Aos 15 dias após a semeadura realizou-se o desbaste, deixando-se 3 plantas por vaso. Aos 30 dias após a semeadura foram avaliados: 1) Número de plantas vivas (estande); 2) Número de folhas por planta; 3) Altura de plantas (cm), medida com régua graduada em milímetros da superfície do solo até o ápice da planta. Posteriormente, procedeu-se à lavagem das raízes das plantas, as quais foram

seccionadas em raiz e parte aérea, acondicionadas em papel kraft, e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após esse período, realizou-se a pesagem em laboratório para determinar a: 4) Massa de matéria seca da folha; 5) Massa de matéria seca do colmo e; 6) Massa de matéria seca da raiz.

Após a quantificação dos dados, procedeu-se a análise de variância pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade e, para as variáveis que apresentaram significância, realizou-se teste de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade através do software livre R versão 2.11.1 (2010).

3.3 Experimento 3

O experimento foi conduzido no Campo Experimental Diogo Alves de Melo, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, no período de 14 de março a 26 de junho de 2015. As condições ambientais durante a condução do experimento estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) e totais mensais de precipitação (PREC), durante o período experimental, em Viçosa/MG, 2015.

Período (ano 2015)	Temperaturas médias (°C)			UR (%)	PREC (mm)
	Máx	Média	Min		
14 a 31 Março	31,5	22,5	16	79	202,4
1 a 30 Abril	31,4	20,9	13,2	81	29,7
1 a 31 Maio	28,6	18,4	11,4	82,5	54
1 a 26 Junho	28,2	17,4	8,5	84,4	10,1

Fonte: (DEA-UFV, 2015).

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 blocos, totalizando-se 24 unidade experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de 4 fileiras de 4 metros de comprimento, sendo as duas fileiras centrais utilizadas como área útil. O espaçamento entre as fileiras foi de 0,7 m e entre as parcelas de 2 m, totalizando uma área experimental de 528 m².

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. A adubação de semeadura foi realizada no sulco, com 250 kg ha⁻¹ da formulação NPK 08-28-16 e, para adubação de cobertura, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de uréia, 30 dias após o plantio. Foram utilizadas sementes de sorgo forrageiro, variedade BRS 655 com de germinação de 95% e umidade 12%. A semeadura foi realizada manualmente colocando-se 12 sementes/m com o auxílio de uma régua de madeira de 2 m de comprimento. Um dia após a instalação do experimento foi realizada uma irrigação de 5 mm, aferida pelo pluviômetro instalado no local.

Os tratamentos foram: sementes sem revestimento (T1 = controle); sementes revestidas com PSA (T2); 40 g PSA/m de sulco (T3); 120 g PSA/m de sulco (T4); 280 g PSA/m de sulco (T5); 290 g PSA/m de sulco (T6).

Nos tratamentos com o PSA no sulco de plantio, o produto foi aplicado manualmente, juntamente com o adubo.

Aos 109 dias após a semeadura foram avaliados: 1) Número de plantas vivas (NP), pela contagem das plantas na parcela útil; 2) Altura de plantas (AP), pela medição de 10 plantas selecionadas ao acaso dentro de cada parcela, utilizando-se para este fim trena graduada em centímetros e considerando a distância entre a superfície do solo até o ápice da panícula. 3) Diâmetro do colmo (DC) das mesmas plantas selecionadas, medido com auxílio de paquímetro digital. Posteriormente, as plantas foram seccionadas em folhas, colmo e panículas, acondicionadas em papel kraft e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Após esse período, realizou-se a pesagem em laboratório para verificar a: 4) Massa de matéria seca da folha (MSF); 5) Massa de matéria seca do colmo (MSC); 6) Massa de matéria seca da panícula (MSP) e; 7) Massa de matéria seca total.

Após a quantificação dos dados, procedeu-se à análise de regressão para os tratamentos quantitativos (doses de PSA no sulco) através do software livre R versão 2.11.1 (2010). O tratamento com PSA aplicado como revestimento de sementes (qualitativo) foi estudado por comparação gráfica, utilizando o desvio padrão para discriminar o tratamento da média, utilizando planilha eletrônica (Excel[®]).

4. RESULTADOS

4.1 Experimento 1

Observou-se efeito significativo do PSA (fator 1) para as variáveis porcentagem de emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plântulas (AP) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (Tabela 3). As variáveis número de folhas (NF), taxa de sobrevivência (TS) e massa de matéria seca de raiz (MSR) não apresentaram efeito significativo para o revestimento com PSA. Para o intervalo entre as irrigações (fator 2), todas as variáveis apresentaram efeito significativo ao nível de 5% pelo teste F, com exceção do IVE. Observou-se ainda interação significativa entre o uso do PSA e os intervalos de irrigação para a variável emergência (E) (Tabela 6).

Tabela 3. Resumo da análise de variância do revestimento de semente de sorgo com polímero superabsorvente (PSA) para três intervalos de irrigação.

FV	GL	E(%)	IVE	AP (cm)	NF	TS (%)	MSR (g)	MSPA (g)
PSA	1	26533**	2265,9**	292,88**	1,43 ^{ns}	835 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,05**
Irrigação	2	117*	1,9 ^{ns}	204,14**	1,43*	5869**	0,91**	0,02**
IrrigaçãoxPSA	2	132*	1,2	12,92	1,35	835	0,08	0,0016
Resíduo		30	1,1	6,05	0,11	391	0,12	0,002
CV (%)		8,56	7,57	11,26	8,56	22,46	4,47	37,26

** - Efeito altamente significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; * - Efeito significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

Dados: E: porcentagem de germinação; IVE: índice de velocidade de emergência; AP: altura de plantas; NF: número de folhas; TS: taxa de sobrevivência; MSR: massa de matéria seca da raiz; MSPA: massa de matéria seca da parte aérea.

As plântulas cujas sementes foram revestidas com o PSA apresentaram menor IVE do que as sementes sem o revestimento (Tabela 4). Por outro lado, as plântulas cujas sementes foram revestidas com o PSA apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo, conforme observado pela maior altura de plantas (AP) e maior acúmulo de matéria seca na parte aérea (MSPA). Adicionalmente, observou-se que o PSA aumentou a taxa de sobrevivência das plântulas (TS).

Tabela 4. Comparação de médias entre índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plantas (AP), número de folhas (NF), taxa de sobrevivência (TS) e massa de matéria seca da parte da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) em plântulas de sorgo aos 26 dias em função do revestimento de sementes com polímero superabsorvente (PSA).

Tratamento	IVE	AP (cm)	NF	TS (%)	MSR (g)	MSPA (g)
Sem PSA	23,57 a	18,11 b	3,70 a	78,46 b	0,63 a	0,08 b
Com PSA	4,14 b	25,24 a	4,19 a	90,26 a	0,88 a	0,17 a

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

Quando comparado o efeito isolado entre os intervalos de irrigação, observou-se melhor desenvolvimento vegetativo nos intervalos de irrigação 1 e 2, conforme observado pela maior altura de plântulas (AP), maior número de folhas (NF), maior massa de matéria seca de raiz (MSR) e de parte aérea (MSPA), quando comparado ao intervalo de irrigação 3 (Tabela 5).

Tabela 5. Comparação de médias entre índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plantas (AP), número de folhas (NF), taxa de sobrevivência (TS), massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) em plântulas de sorgo aos 26 dias em função de três intervalos de irrigação.

Tratamento	IVE	AP (cm)	NF	TS (%)	MSR (g)	MSPA (g)
Irrigação 1	13,54 a	26,00 a	4,12 a	100 a	1,13 a	0,17 a
Irrigação 2	13,61 a	22,98 a	4,25 a	100 a	0,68 a	0,14 a
Irrigação 3	14,41 a	15,75 b	3,43 b	53,09 b	0,42 b	0,06 b

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

Irrigação 1: intervalo entre irrigações de 48 horas; Irrigação 2: intervalo entre irrigações de 72 horas; Irrigação 3: 96 horas.

A porcentagem de emergência (Tabela 6) e o índice de velocidade de emergência (IVE) (Tabela 5) foram afetados negativamente pelo PSA, indicando que o revestimento das sementes pode ter sido uma barreira para a emissão da radícula, resultando também em maior tempo necessário para que a semente de sorgo germinasse e a plântula pudesse emergir na superfície do substrato. Quando analisado o efeito do revestimento nas demais variáveis, observa-se que o PSA favoreceu o desenvolvimento vegetativo das plântulas, uma vez que promoveu

maior altura de plântulas, maior número de folhas, maior massa de matéria seca de raiz e de parte aérea e maior taxa de sobrevivência. Contudo, estes efeitos foram maximizados no intervalo de irrigação 3 (96 h), que seria a condição mais limitante, sugerindo o efeito benéfico do revestimento com PSA no desenvolvimento vegetativo das plântulas (Figura 3).

Tabela 6. Comparação de médias de emergência (%) de sementes em função do revestimento com polímero superabsorvente (PSA) para três intervalos de irrigação.

Tratamento	Recobrimento	
	Sem PSA	Com PSA
Irrigação 1	97,50 Aa	25,00 Bb
Irrigação 2	97,25 Aa	27,50 Bb
Irrigação 3	97,00 Aa	39,75 Ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

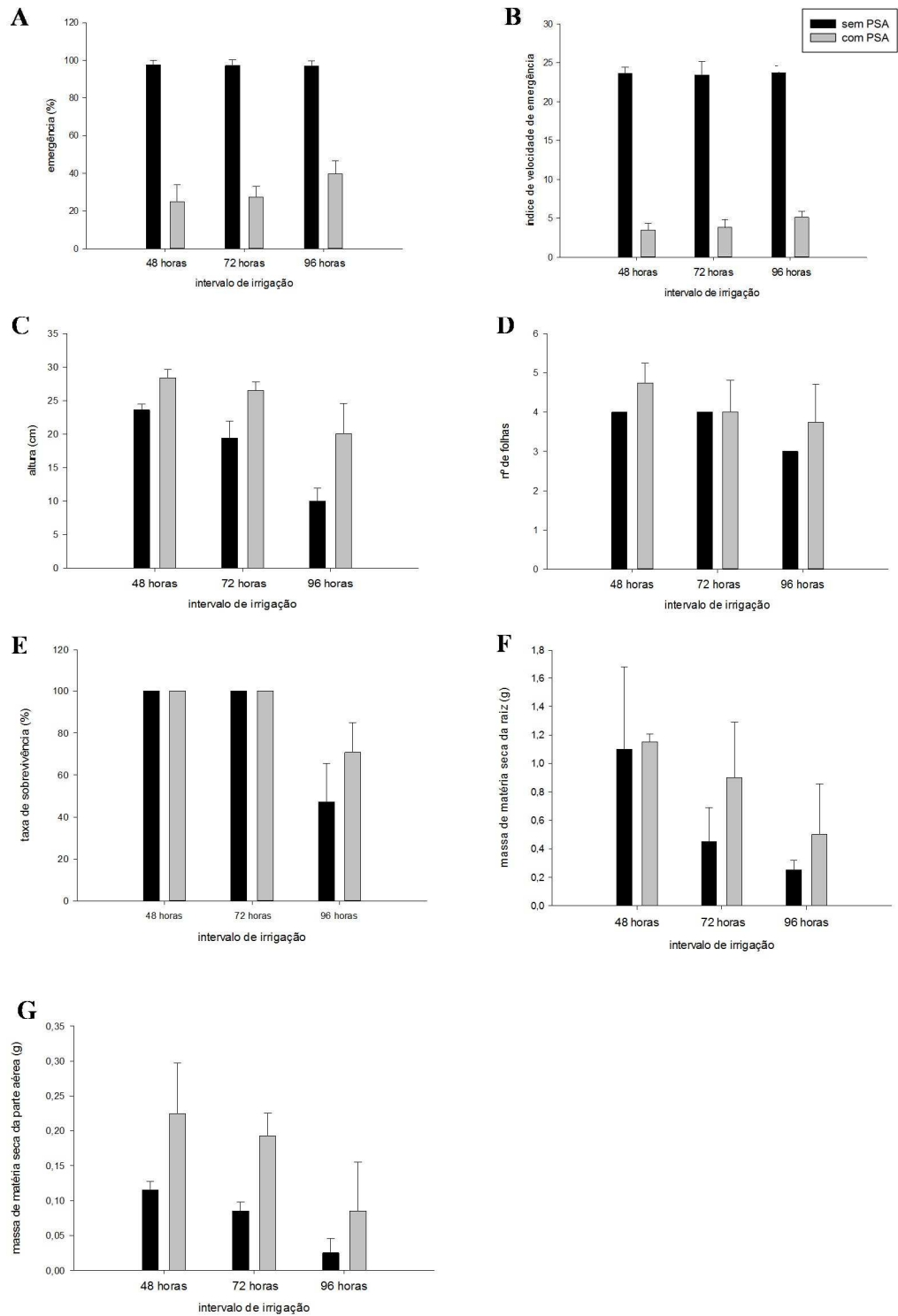


Figura 3. Efeito do uso do PSA no revestimento de sementes: A) % emergência; B) índice de velocidade de emergência; C) altura de plântulas; D) nº de folhas; E) taxa de sobrevivência; F) massa de matéria seca de raiz; G) massa de matéria seca de parte aérea.

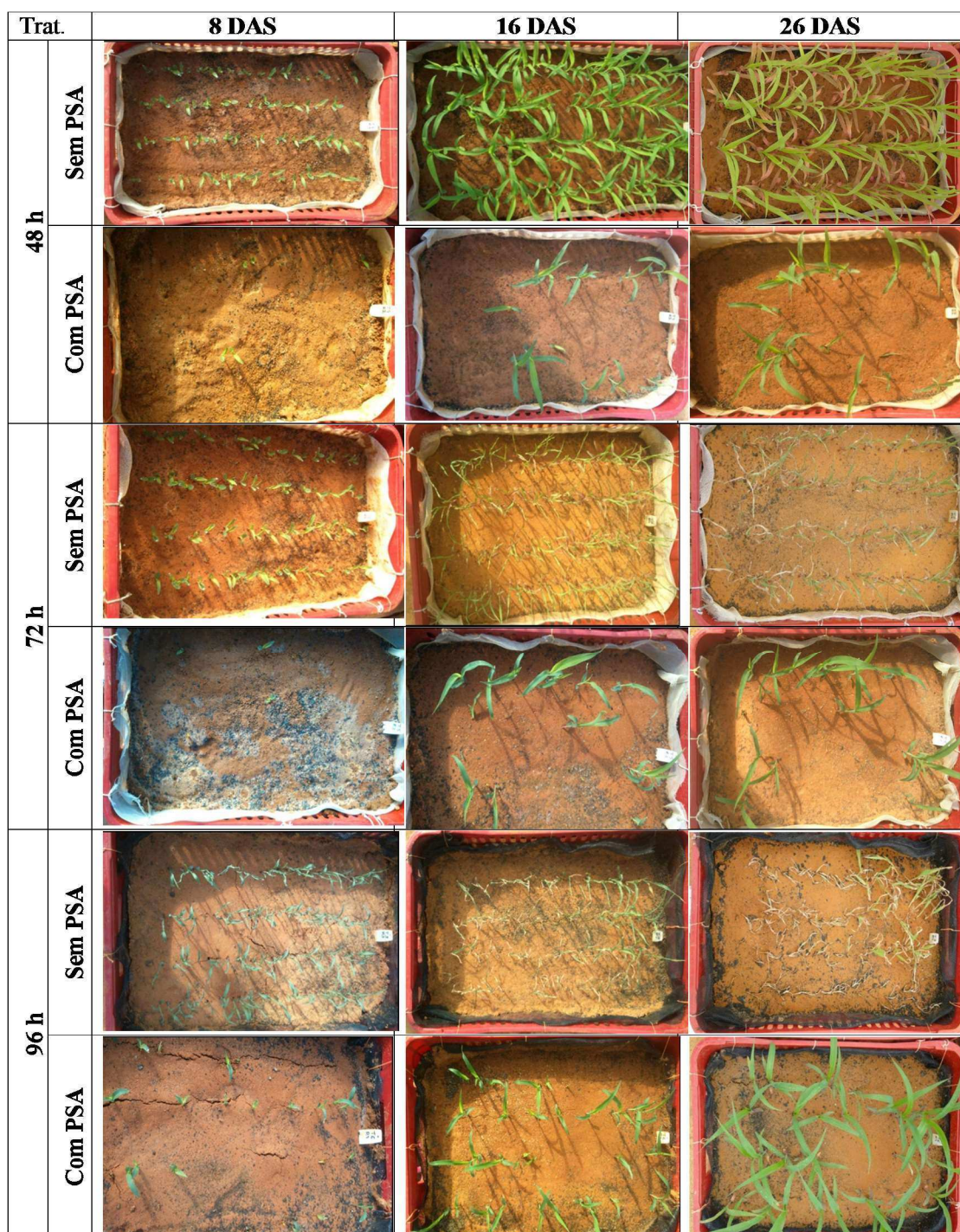


Figura 4. Plântulas de sorgo aos 8, 16 e 26 dias após semeadura (DAS) em função do revestimento com polímero superabsorvente (PSA) e intervalos entre as irrigações (48,72 e 96 h).

4.2 Experimento 2

Observou-se efeito significativo do PSA (fator 1) apenas para a variável número de plantas (NP) (Tabela 2). Para o intervalo entre as irrigações (fator 2) as variáveis altura de planta (AP), matéria seca da folha (MSF) e massa de matéria seca do colmo (MSC) apresentaram efeito significativo. Observou-se ainda interação significativa entre o método de uso do PSA e os intervalos de irrigação para a variável número de folhas (NF).

Tabela 7. Resumo da análise de variância dos dados fitotécnicos de acordo com o método do uso do polímero superabsorvente (PSA) em quatro intervalos de irrigação.

Fator de variação	GL	Quadrado Médio					
		NP	NF	AP (cm)	MSF(g)	MSC(g)	MSR (g)
PSA	2	8,3**	21,9 ^{ns}	391,9 ^{ns}	20 ^{ns}	6,8 ^{ns}	7,1 ^{ns}
Irrigação	3	1,6 ^{ns}	20,2 ^{ns}	1797,6*	28,6**	24,5**	3,9 ^{ns}
IrrigaçãoxPSA	6	1,5 ^{ns}	23,9*	646,2 ^{ns}	10,2 ^{ns}	5,4 ^{ns}	5,7 ^{ns}
Resíduo	36	0,9	9,2	536	10,6	5,1	2,4
CV	%	52,21	48,1	55,9	58,3	53,3	69,3

** - Efeito altamente significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; * - Efeito significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

Dados: NP: número de plantas; NF: número de folhas; AP: altura de plantas; MSF: massa de matéria seca da folha; MSC: massa de matéria seca do colmo; MSR: massa de matéria seca da raiz.

Verificou-se que o revestimento de sementes com PSA prejudicou a emergência, resultando em menor número de plantas (Tabela 8), enquanto que o método de aplicação do PSA no sulco e a testemunha não diferiram.

Tabela 8. Média do número de plantas de sorgo de acordo com o método de utilização do PSA.

Método de aplicação	NP
Sem PSA	2,13a
PSA semente	1,06b
PSA sulco	2,44a

As médias seguidas por mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Quando avaliada a aplicação do PSA no sulco de plantio, observou-se que as plantas apresentaram maiores altura, número de folhas e massa de matéria seca de folhas e de colmos quando comparadas às da testemunha. Por outro lado, a aplicação do PSA via revestimento de sementes resultou no pior desempenho para as características avaliadas (Figura 5).

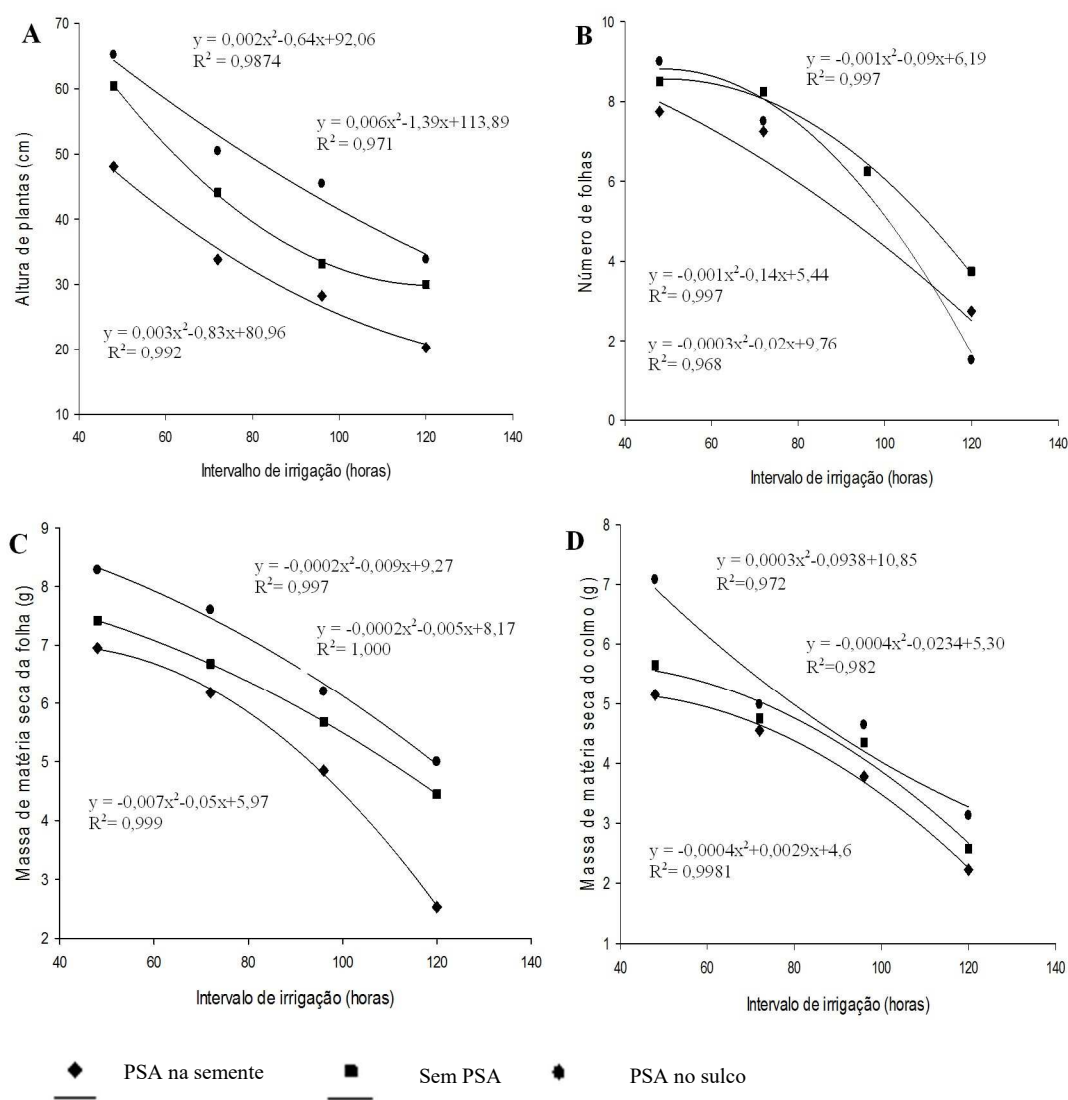
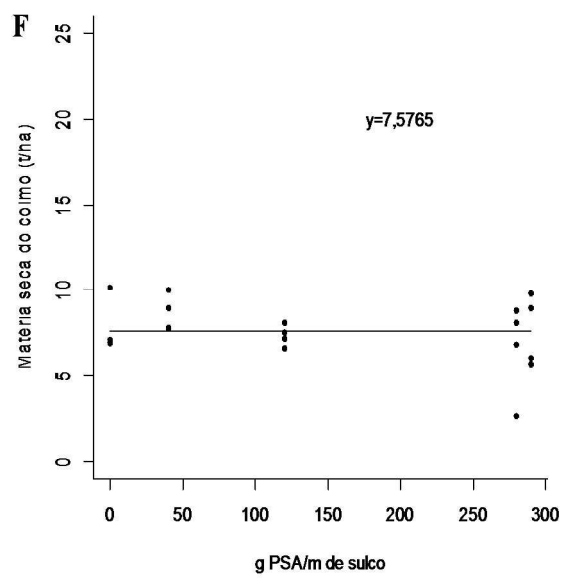
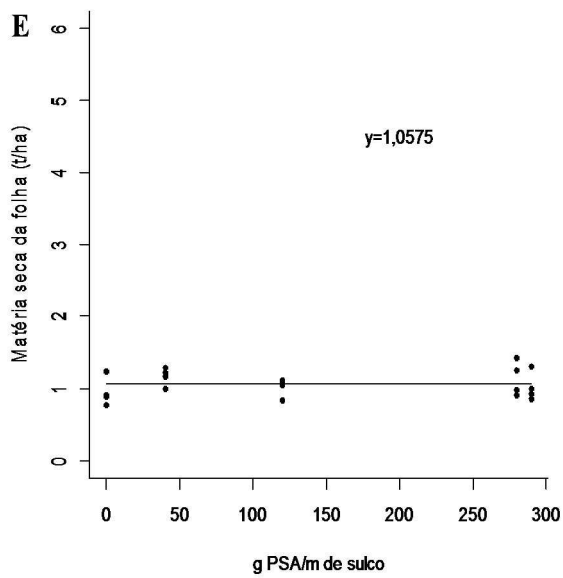
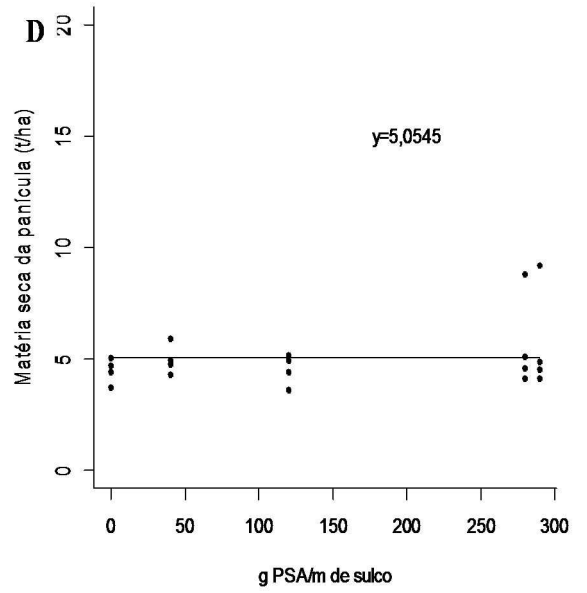
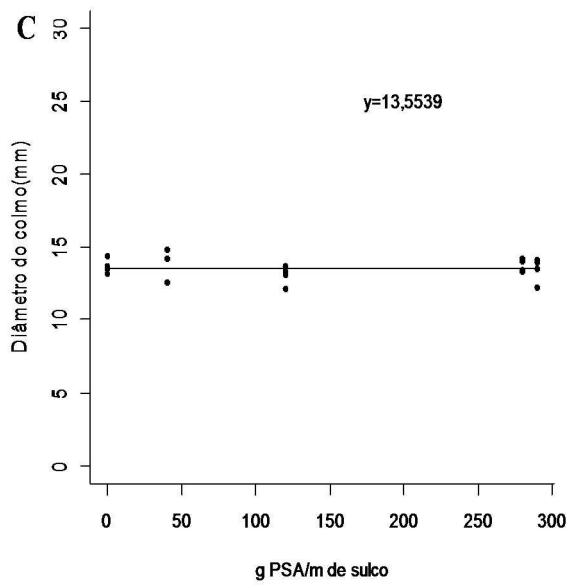
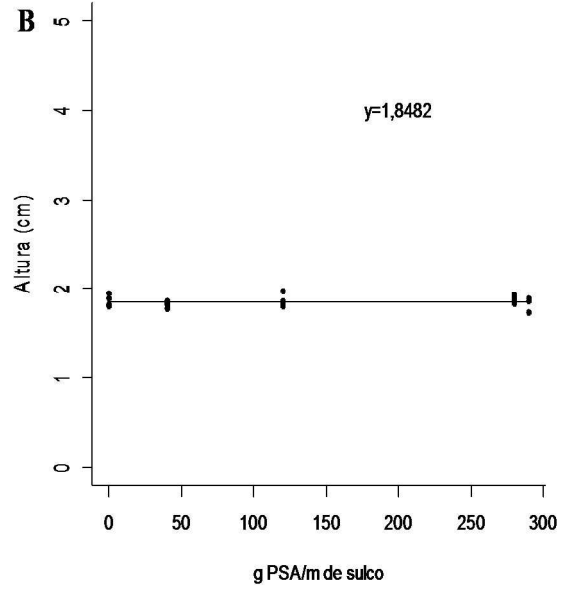
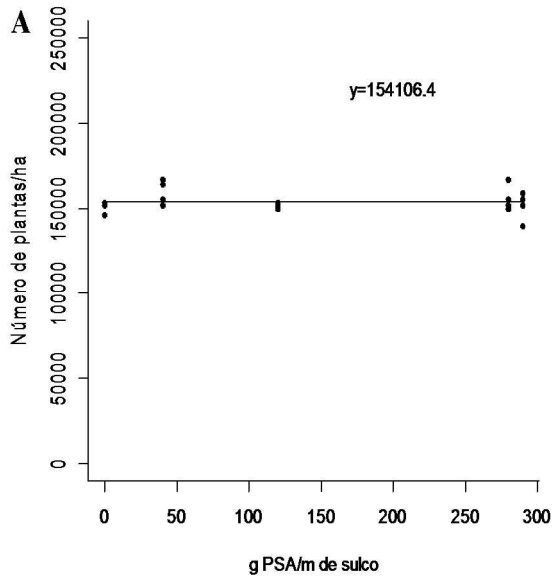


Figura 5. Modelo de regressão ajustado para a em função do intervalo de irrigação (48, 72, 96 e 120 horas) e o método de utilização do PSA (semente, sulco e sem PSA) para: A) altura de plantas; B) massa de matéria seca do colmo; C) massa de matéria seca da folha e D) número de folhas.

4.3 Experimento 3

Observou-se que não houve diferença significativa entre as doses de PSA aplicadas no sulco de plantio de acordo com a análise de regressão para as variáveis número de plantas/ha; altura de plantas; diâmetro do colmo; massa de matéria seca da panícula; massa de matéria seca da folha; massa de matéria seca do colmo e massa de matéria seca total (Figura 6). É provável que os altos índices pluviométricos verificados nas primeiras semanas após a semeadura tenham influenciado nos resultados e por isso, não tenha sido possível verificar o efeito do PSA (Figura 7).



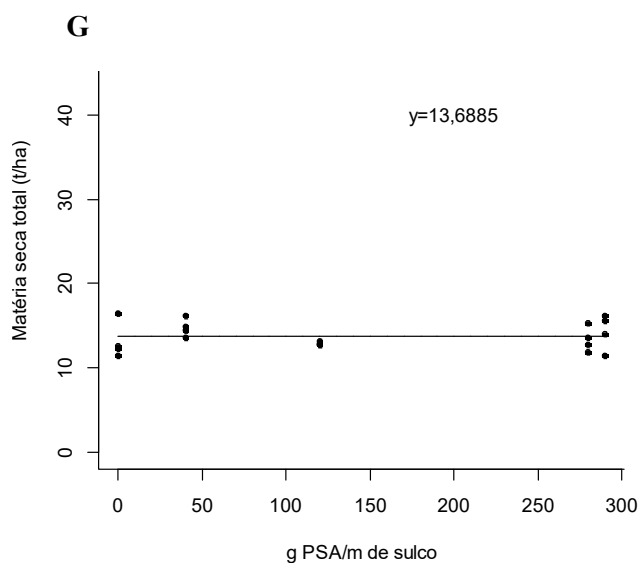


Figura 6. Modelo de regressão ajustado em função de doses de PSA para: A) número de plantas; B) altura; C) diâmetro do colmo; D) massa de matéria seca da panícula; E) massa de matéria seca da folha; F) massa de matéria seca do colmo e G) massa de matéria seca total.

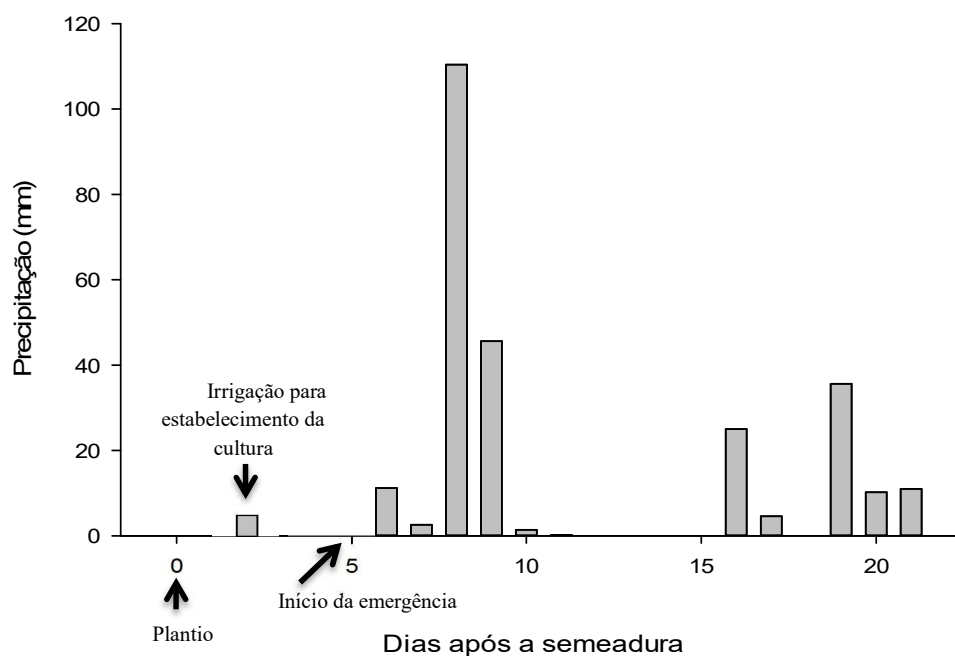


Figura 7. Precipitação na fase de estabelecimento da cultura do sorgo.

Ao comparar os métodos de aplicação do PSA, verificou-se que o revestimento de sementes resultou em menor número de plantas e, proporcionalmente, para a menor produtividade de matéria seca da panícula, folha, colmo e matéria seca total. Além disso, a altura de planta cujas sementes foram revestidas com PSA foi menor, quando comparada à aplicação do PSA no sulco e a testemunha. Já o diâmetro do colmo, em média, não diferiu entre os três tratamentos (Figura 8).

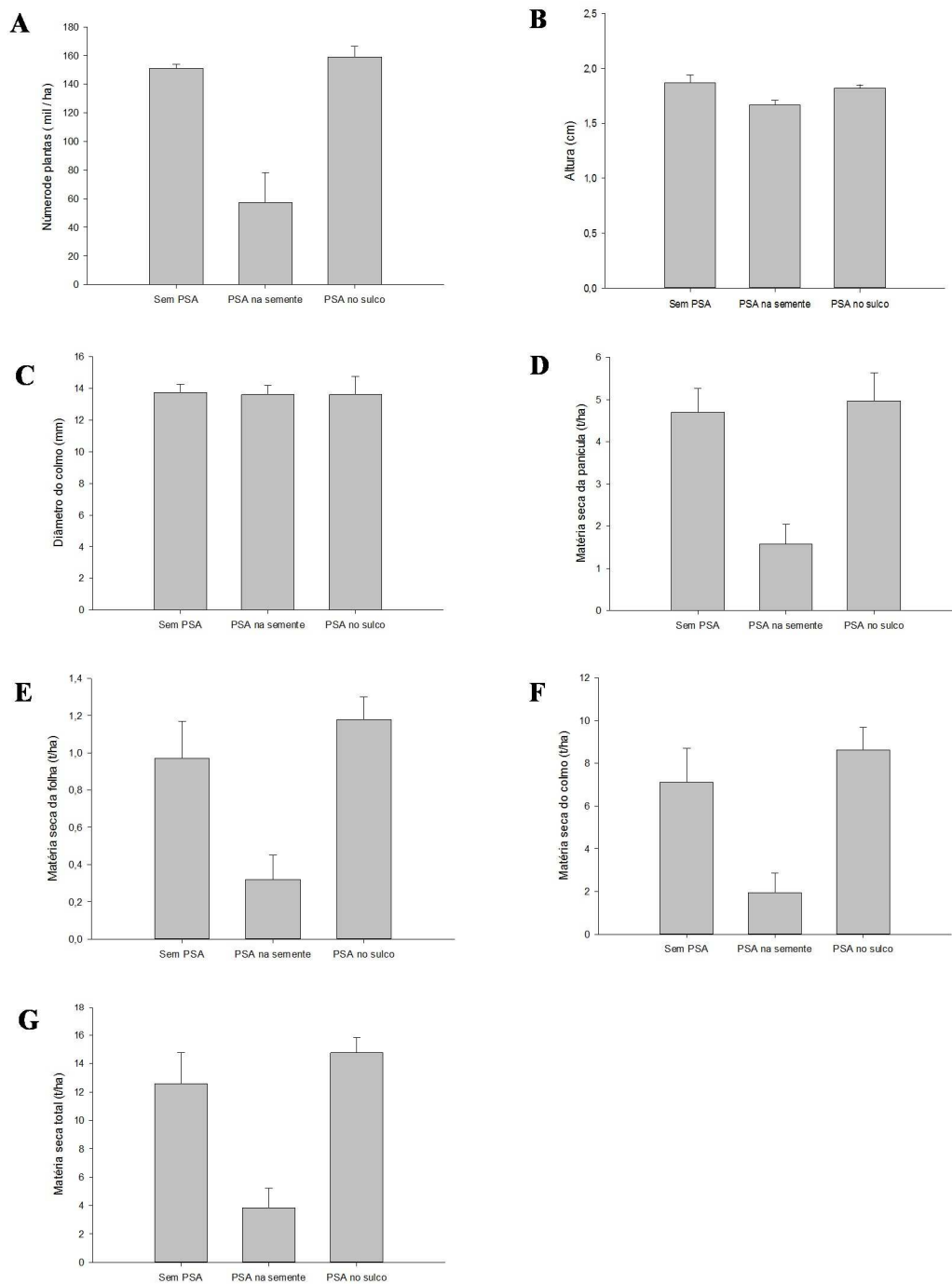


Figura 8. Efeito do uso de PSA de acordo com o método de aplicação: como revestimento de semente e em sulco de plantio. A) número de plantas; B) altura; C) diâmetro do colmo; D) massa de matéria seca da panícula; E) massa de matéria seca da folha; F) massa de matéria seca do colmo e G) massa de matéria seca total.

5. DISCUSSÃO

5.1 Experimento 1

Analisando o efeito isolado da frequência de irrigação (fator 2) verificou-se maior taxa de sobrevivência nos intervalos de irrigação 1 e 2. Já para o intervalo de irrigação 3 (96 horas), observou-se menor desempenho vegetativo e menor taxa de sobrevivência, indicando que esta foi uma condição limitante ao crescimento e desenvolvimento das plântulas de sorgo. Em relação ao efeito isolado do PSA (fator 1) observou-se o revestimento das sementes de sorgo com PSA, planta considerada tolerante ao déficit hídrico, pode ter contribuído para o aumento da AP em 39%, NF em 13%, TS em 15% e MSPA em 113% (Tabela 4).

Considerando o efeito do revestimento com PSA no intervalo de irrigação 3 (condição mais limitante), o efeito observado foi ainda maior. Neste caso, os incrementos aproximados foram de 100%, 33%; 66% e 300%, para AP, NF, TS e MSPA, respectivamente (Tabela 5). Esses resultados corroboram outros trabalhos na literatura que avaliaram o manejo da irrigação com o uso do PSA e constataram menor estresse hídrico e maior sobrevivência de plantas com o uso do polímero (Lopes *et al.*, 2010; Navroski *et al.*, 2014). Logo, este pode ser um indício do benefício do uso do PSA no desenvolvimento inicial de plântulas de sorgo.

Entretanto, não foi possível comprovar se o melhor desenvolvimento vegetativo observado nas plântulas cujas sementes foram revestidas com PSA pode ser atribuído exclusivamente ao efeito do PSA. Isto porque, neste tratamento, houve menor número de plântulas emergidas e conseqüentemente pode ter havido menor competição por água entre as plântulas alocadas na mesma bandeja (unidade experimental). Esta possível redução da competição entre plantas na mesma bandeja pode ter potencializado o efeito do PSA. Logo, novos estudos deverão ser realizados para elucidar esta possível influência da quantidade de plântulas na unidade experimental.

Para a variável IVE, não foi observada diferença entre as médias dos tratamentos quando analisado apenas o efeito da irrigação (Tabela 5). Provavelmente, a quantidade de água do substrato, adicionada no tempo zero (início do experimento), tenha sido suficiente para promover a germinação das

sementes e emergência das plântulas. Contudo, ao longo da condução deste trabalho, a frequência de irrigação afetou significativamente o crescimento e desenvolvimento das plântulas (Figura 4).

Por outro lado, a porcentagem de emergência foi afetada negativamente pelo PSA (Tabela 6), indicando que o PSA pode ter sido uma barreira para a emissão da radícula, resultando também em maior tempo necessário para que a semente de sorgo germinasse e a plântula pudesse emergir na superfície do substrato.

Esse efeito também foi observado por Pazderu & Koudela (2013), que compararam o efeito do uso de soluções com três concentrações de PSA na germinação de sementes de hortaliças. Esses autores atribuíram esse efeito ao fato de que o PSA pode reduzir a velocidade de absorção de água das sementes, resultando em germinação mais lenta. Entretanto, no presente trabalho, o PSA foi utilizado seco, o que pode ter induzido competição por água entre o polímero e a semente, na fase inicial de embebição. A baixa emergência das sementes revestidas com PSA pode ter sido agravada também pelo tamanho reduzido da semente de sorgo, que apresenta pouca reserva. Nesta espécie, a germinação ocorre a partir do 4º dia, após a embebição da semente, e a primeira folha é emitida em torno sete dias (Pinho *et al.*, 2014). Contudo, este efeito precisa ser melhor estudado em trabalhos futuros.

Alves & Teixeira (2012) estudaram o efeito de diferentes concentrações de gel hidrofílico, proveniente de sementes de tinguí, sobre a germinação de semente de pepino e verificaram que a dose intermediária do gel aumentou a porcentagem de germinação, enquanto que a maior dose a reduziu. Esses mesmos autores afirmaram que o gel pode absorver parte da água destinada para o embrião. Portanto, é necessário adequar uma dose do PSA para garantir a eficiência na germinação. Neste trabalho, provavelmente, utilizou-se dose de PSA elevada, o que pode ter resultado em barreira a germinação, tendo em vista ainda que o PSA utilizado no presente estudo é recomendado para a produção de mudas, é de suma importância que sejam estudados polímeros específicos para utilização no revestimento de sementes. Hotta *et al.* (2014) avaliaram o uso de PSA a base de carragena no revestimento de sementes e obtiveram boa germinação, além do melhor crescimento em condição de baixa disponibilidade hídrica e de nutrientes.

Esse estudo sinaliza que a utilização de polímeros específicos pode melhorar o desempenho das plântulas e potencializar o uso no recobrimento de sementes.

Considerando que no presente estudo utilizou-se em média 0,05 g de PSA por semente, a quantidade a ser utilizada por hectare cultivado seria de apenas 6,59 kg para um estande de 120.000 plantas/ha e sementes com 91% de taxa de germinação. Assim, o uso do PSA pode ser considerado uma alternativa viável e com grande potencial para reduzir os riscos de déficit hídrico no crescimento inicial de plântulas. Estudos posteriores poderão investigar polímeros específicos para sementes que contribuam para o aperfeiçoamento dessa técnica de recobrimento.

5.2 Experimento 2

Observou-se que o aumento no intervalo de irrigação provocou redução progressiva na altura e na massa de matéria seca do colmo e da folha (Figura 5). Isso sinaliza que houve indução do déficit hídrico no crescimento e desenvolvimento das plantas. Em situações de baixa disponibilidade de água no solo ocorrem respostas fisiológicas das plantas que resultam no decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas (Taiz & Zeiger, 2013). Dessa maneira, a planta tenta otimizar o uso da água reduzindo o crescimento vegetativo, como estratégia de sobrevivência.

Comparando o método de aplicação do PSA via revestimento de semente com a aplicação no sulco de plantio e a testemunha, verificou-se que as características altura de plantas, número de folhas e massa de matéria seca das folhas e do colmo apresentaram melhores resultados na aplicação do PSA no sulco de plantio, seguido pela testemunha (Figura 5). Esses resultados corroboram os obtidos por Azevedo *et al.* (2002), Lopes *et al.* (2010) e Jamnická *et al.* (2013) em hortaliças, o que comprova o benefício do PSA no desenvolvimento vegetativo de plantas sob condições de déficit hídrico.

O efeito benéfico do PSA no desenvolvimento vegetativo pode ser explicado pela melhoria na retenção de água no substrato e pela redução da lixiviação de nutrientes, resultando em melhor aproveitamento da água de irrigação (Marques & Bastos *et al.*, 2010; Bortolin *et al.*, 2012). Marques *et al.* (2013) relatam que o PSA apresenta capacidade de armazenar a água no solo e fornecê-la

por maior tempo para as raízes. Além disso, o polímero funciona de forma similar à mucilagem produzida pelas raízes, protegendo-as contra a dessecação em condições de déficit hídrico severo (Liu *et al.*, 2013). Outros autores têm verificado efeito semelhante em mudas. Ferreira *et al.* (2014) e Fagundes *et al.* (2014) também verificaram efeito benéfico do PSA no desenvolvimento de mudas plantadas com PSA sob estresse hídrico.

Analisando o efeito do PSA aplicado como revestimento de sementes, constatou-se menor número de plantas (Tabela 8) e o pior desempenho para as características fitotécnicas avaliadas (Figura 5). Porém, no intervalo de irrigação de 120 horas, o PSA via revestimento de sementes resultou em número de folhas superior à testemunha (Figura5), o que pode ser um indicio do benefício do uso do PSA no desenvolvimento vegetativo de plantas de sorgo em condições limitantes. Provavelmente, o tempo entre o revestimento da semente e a semeadura, que foi de 48 horas para este ensaio, pode ter causado algum tipo de dano às membranas da semente ou provocado a sua desidratação, visto que o PSA possui potencial osmótico muito eleva. Isso pode ter influenciado na emergência das plântulas. Outro fator a ser considerado foi o elevado coeficiente de variação (Tabela 2), mesmo em casa de vegetação, que dificulta captar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos.

Logo, apesar dos resultados não serem conclusivos, este estudo trás informações importantes que poderão nortear outros trabalhos a fim de se verificar o efeito do PSA em culturas anuais. Sugere-se avaliar maior número de vasos a fim de minimizar o coeficiente de variação experimental. Além disso, é importante revestir as sementes no mesmo dia da semeadura, visando à reduzir possíveis danos na membrana e, ou, a desidratação das sementes pelo PSA.

5.3 Experimento 3

Em relação ao método de uso do PSA, verificou-se que o revestimento de sementes prejudicou a emergência das plantas, quando comparado ao controle (sem PSA) e ao uso do PSA no sulco, os quais não diferiram entre si. Esses resultados corroboram os de Barros *et al.*(2015) em laboratório. Esses autores sugerem que o PSA via revestimento pode interferir nos processos de germinação, resultando em

barreira á entrada de água e oxigênio, resultando em menores taxas de germinação. Além disso, o revestimento das sementes com PSA resultou em redução na produção de matéria seca da folha, panícula e colmo, com conseqüente prejuízo na matéria seca total. Provavelmente, isso se ocorreu devido ao atraso na germinação, o que resultou em menor desenvolvimento vegetativo das plantas de sorgo no estágio de desenvolvimento 1 (primeiros 30 dias), que por sua vez tem grande influência na produtividade final da cultura (Magalhães *et al.*, 2014).

Quando comparado o uso do PSA no sulco de plantio e a testemunha observou-se que não houve diferença entre os tratamentos para qualquer das variáveis fitotécnicas avaliadas. Por outro lado, o fato do PSA no sulco de plantio não ter prejudicado a emergência das plantas sinaliza que o problema pode estar no método de aplicação do polímero, via revestimento da semente.

A distribuição de chuvas ao longo do período do experimento foi favorável ao desenvolvimento da cultura do sorgo, que apesar de ter sido cultivado na segunda safra (outono/inverno), apresentou produtividade alta, similar àquelas obtidas em cultivos de primeira safra (primavera/verão). A produtividade média de matéria seca foi de 13,69 t/ha de sorgo forrageiro, contrastando com Rezende *et al.* (2011) que obtiveram 8,7 t/ha e com Moraes *et al.* (2013) que produziram 9,8 t/ha de matéria seca de sorgo forrageiro também em cultivo no inverno. Esta produtividade, provavelmente foi influenciada pela alta precipitação no estágio de desenvolvimento inicial da cultura, atípica para esta época do ano na região, o que beneficiou o crescimento e o desenvolvimento das plantas e dificultou captar um provável efeito benéfico do PSA em condições de campo (Figura 2). Soma-se a isto o fato de que o solo onde o experimento foi conduzido apresenta textura muito argilosa, que naturalmente retém mais água que solos de textura arenosa (Tabela 1). Dessa forma, o efeito do PSA pode ter sido anulado, visto que seu possível benefício seria justamente para condições de déficit hídrico. Situações semelhantes são descritas por Vale *et al.* (2006) que avaliaram o efeito do polímero na cova de plantio de cafeeiro e por Santana *et al.* (2007), que aplicaram PSA no sulco de plantio de braquiária. Esses autores relataram a interferência da chuva nas avaliações e, por isso, não conseguiram comprovar a eficiência do PSA.

Por outro lado, Azevedo *et al.* (2002) demonstraram que o uso do polímero como substrato de mudas de café resultou em incremento da altura e da matéria

seca total das plantas. Dranski *et al.* (2013), em plantio de pinhão-manso, também relataram que o uso do PSA aplicado diretamente na cova potencializou o crescimento e a sobrevivência nos primeiros três meses após o plantio. Em trabalhos conduzidos com cana-de-açúcar também foi confirmado que o uso de polímeros contribuiu para o crescimento vegetativo, o perfilhamento e aumento da produtividade (Marques *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2015).

Em todos esses trabalhos, o uso do PSA demonstrou potencial em culturas perenes, que apresentam um ciclo longo. O aproveitamento das propriedades do polímero inclusive foi relatado por Marques *et al.* (2013) na cana soca. Nesse sentido, o efeito favorável do PSA na cultura do sorgo, ainda que não tenha sido verificado neste experimento, poderia ser observado na cultura sucessora. Relatos na literatura mostram que a persistência do polímero no solo varia de 4 a 10 anos dependendo dos tratos mecânicos e da utilização de fertilizantes químicos (James & Richards, 1986). Logo, diversas propriedades como a capacidade de armazenamento de água no solo, a aeração e drenagem e o efeito sobre a lixiviação de nutrientes, podem ser investigados em futuros trabalhos com cultivos sucessivos.

Logo, mais estudos são necessários para avaliar o efeito do PSA no processo de germinação de sementes, especialmente quanto à entrada de água e oxigênio. Contudo, neste trabalho, não foi possível comprovar o efeito do PSA na cultura do sorgo em condições de campo, visto que as condições climáticas (precipitação) foram favoráveis ao desenvolvimento inicial da cultura, não permitindo a expressão de déficit hídrico aparente, que seria a situação em que o PSA poderia beneficiar a cultura.

6. CONCLUSÕES

Foi observado que o revestimento de sementes com polímeros superabsorventes apresenta potencial de utilização na agricultura extensiva. Contudo, será necessário desenvolver um polímero específico para a semente, a fim de aprimorar o processo de germinação. Variações na granulometria do polímero ou no método de aplicação do polímero (aglutinante, aplicação em camadas) poderiam melhorar a interação do PSA com a semente.

Por fim, comprovou-se que o revestimento de sementes com PSA prejudica a emergência de plântulas e que existe efeito benéfico do PSA, aplicado no sulco de plantio, no crescimento e desenvolvimento vegetativo de plantas de sorgo.

7. REFERÊNCIAS

ABREU K. Kátia Abreu vai apresentar estudo de impacto da seca na agropecuária. **Revista eletrônica Globo Rural**. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/noticia/2015/02/katia-abreu-vai-apresentar-estudo-de-impacto-da-seca-na-agropecuaria.html>>. Acessado em: 18 de dezembro de 2015.

ADAMS, J. C.; LOCKABY, B. G. Commercially produced super absorbent material increase water – holding capacity of soil medium. **Tree-Planters**, v. 38, p.24-25, 1987.

AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A Review. **Journal of Advanced Research**, v. 6, p.105-121, 2015.

ALVES, J. E. C.; CLEMENTE, C. V.; RODRIGUES P. H. V. Polímero hidrorretentor no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. **Bioenergia em revista**, v. 1, p.66-72, 2015.

ALVES, M. C.; TEIXEIRA, A. Z. A. The effect of hydrophilic gel from the second layer of Tingui (*Magonia pubescens* St. Hil.) seeds on germination and early development of cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Estudos de biologia – Ambiente e Diversidade**, v. 34, p.61- 66, 2012.

ARSEGO, O.; BAUDET, L.; AMARAL, A. S.; HÖLBIG, L.; PESKE, F. Nota Científica: Recobrimento de sementes de arroz irrigado com ácido giberélico, fungicidas e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p.201-206, 2006.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de PSA na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 1, p.23-31, 2002.

BARROS, A. F.; PIMENTEL, L. D.; ARAUJO, E. F.; BATISTA, V. A. P.; SILVA, L. P. **Germinação de sementes de sorgo revestidas com polímero superabsorvente**. In: *Anais...VII Simpósio brasileiro de agropecuária sustentável IV congresso internacional de agropecuária sustentável*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2015.

BAUDET, L.; PERES, W. Recobrimento de sementes. **Seed News**, v. 8, p. 20-23, 2014.

BAYS, R.; BAUDET, L.; HENNING, A. A.; LUCCA FILHO, O. Recobrimento de sementes de soja com micronutrientes, fungicida e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p.60-67, 2007.

BINNECK, E.; BARROS, A. C. S. A.; VAHL, L. C. Peletização e aplicação de molibdênio em sementes de trevo-branco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, p.203-207, 1999.

Boletim meteorológico do Departamento de Engenharia Agrícola/UFV 2015. Estação Climatológica Principal de Viçosa. Disponível em:<<http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2015/04/Boletim-Meteorologico-2015.pdf>>. Acessado em: 5de janeiro de 2016.

BORGHI, E.; BORTOLON, L.; AVANZI, J.C.; BORTOLON, E. S. O.; UMMUS, M. E.; NETO, M. M. G.; COSTA, R. V. Desafios das Novas Fronteiras Agrícolas de Produção de Milho e Sorgo no Brasil–Desafios da Região do MATOPIBA. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Capítulo em livro técnico-científico.** Disponível em:<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/992201/1/Desafiosnovas.pdf>> Acessado em: 10 de junho 2015.

BORTOLIN, A.; AOUADA, F.A.; LONGO, E.; MATTOSO, L. H. Investigação do processo de absorção de água de hidrogéis de polissacarídeo: efeito da carga iônica, presença de sais, concentrações de monômero e polissacarídeo. **Polímeros**, v. 4, p.311-317, 2012.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus* pós-plantio. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, **Circular Técnica nº 195**, 2002.

Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. Acompanhamento da safra de grãos. 9º Levantamento. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_06_10_12_12_37_boletim_graos_junho_2014.pdf>. Acessado em: 4de novembro de 2015.

CORASPE, H. M. H.; IDIARTE, G.; MINAMI, K. Avaliação do efeito da peletização sobre o vigor de sementes de alface, **Scientia Agricola**, v.3, p.349-354, 1993.

DEMARTELAERE, A. C. F.; DUTRA, I.; ALVES, S. S. V.; TEÓFILO, T. M. S.; ALVES, S. V. Utilização de polímero hidroabsorvente no meloeiro (*Cucumis melon* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Caatinga**, v. 22, p.5-8, 2009.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, P. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M. Qualidade de sementes de alface enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p.228-238, 2009.

DRANSKI, J. A. L.; JUNIOR, A. S. P.; CAMPAGNOLO, M.; MALAVAS, U. C. I.; MALAVAS, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de PSA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p.537-542, 2013.

DUARTE, J. O. Mercado e Comercialização: A produção de sorgo granífero no Brasil. **Cultivo do Sorgo**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm>. Acessado em: 12 de setembro de 2014.

FAEG (FEDERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DE GOIÁS). In: Falta de chuva pode acarretar prejuízo de R\$ 448 bi para agricultura em Goiás, estima faeg. Disponível em: <<https://brasilagro.wordpress.com/2015/12/21/falta-de-chuva-pode-acarretar-prejuizo-de-r-448-bi-para-agricultura-em-goias-estima-faeg/>>. Acessado em 2: de abril de 2016.

FAGUNDES, M. C. P.; CAMILO, S. S.; SOARES, B. C.; LANA, I.; CRUZ, B.; MOREIRA, R. A. Hydrogel polymer in emergency and early growth of citrus rootstocks. **African Journal of Agricultural Research**, v. 35, p.26-81, 2014.

FERREIRA, E. A.; SILVA, V. A.; SILVA, E. A.; SILVEIRA, H. R. O. Eficiência do PSA e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p.158-165, 2014.

FERREIRA V. **Revista Globo Rural**. Milho pode ter quebra de 17% no oeste baiano. Disponível em:<<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Milho/noticia/2015/02/milho-pode-ter-quebra-de-17-no-oeste-baiano.html>>. Acessado em: 2 de abril de 2016.

FOLTRAN, D. E. O sorgo vassoura como alternativa agrícola regional. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, p.34-38, 2012.

FUNGUETTO, C. I.; PINTO, J. F.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p.117-123, 2011.

GADOTTI, C.; PUCHALA, B. Revestimento de sementes. **Informativo Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (ABRATES)**, v. 20, p.70-71, 2010.

GERVÁSIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**, v. 9, p.94-105, 2004.

GILBERT, N. How to avert a global water crisis. **Nature**, 2010. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/2010/101004/full/news.2010.490.html>>. Acessado em: 9 de junho de 2015.

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e alimentação animal**. Grande Dourados: UFGD, 2013. 79p.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Horticulture Science**, v. 21, p.991-992, 1986.

HOTTA, M.; JAMES KENNEDY, J.; HIGGINBOTHAM, C.; MORRIS, N. Synthesis and characterisation of novel ι -carrageenan hydrogel blends for agricultural seed coating application. **Applied Mechanics and Materials**, v. 79, p.81-91, 2014.

JAMES, E. A.; RICHARDS, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, v. 28, p.201-208, 1986.

JAMNICKÁ, G.; DITMAROVÁ, L.; KURJAK, D. J.; KMET, J.; PSIDOVÁ, E.; MACKOVÁ, M.; GÖMÖRY, D.; STŘELCOVÁ, K. The soil hydrogel improved photosynthetic performance of beech seedlings treated under drought. **Plant Soil Environ**, v. 10, p.446-451, 2013.

JOHNSON, M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, p.1063-1066, 1984.

KLEIN, C.; KLEIN V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p.21-29, 2015.

LOPES, J. L. W.; SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; ANGELICO, T. S. Uso de PSA na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v. 20, p.217-224, 2010.

LIU, F.; M. A. H.; XING, S.; DU, Z.; MA, B. Effects of super-absorbent polymer on dry matter accumulation and nutrient uptake of *Pinus pinaster* container seedlings. **Journal of Forest Research**, v. 18, p.220-227, 2013.

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. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BOREM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. **Sorgo: do plantio á colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. 275p.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do Sorgo/Ecofisiologia**, 2012. Versão eletrônica 8ªed. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/ecofisiologia.htm. Acessado em: 2 de abril de 2016.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p.176-177, 1962.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. B. Uso de diferentes doses de PSA para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, p. 53-57, 2010.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. M.; MARTINEZ, E. H. PSA como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v. 43, p.1-7, 2013.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. PSA como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, p.87-92, 2013.

MMA/ANA, **Ministério do Meio Ambiente, Agencia Nacional de Águas**. GEO Brasil - Recursos Hídricos: Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília, 2007. 264 p.

MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, v. 4, p.624-634, 2013.

MOTTA, C. **Preparação e caracterização de hidrogéis superabsorventes a partir de quitosana e poliacrilonitrila**. Trabalho de conclusão de curso. Química. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. 31p.

MUELLER, N.; GERBER, J. S.; JOHNSTONM RAY, D. K.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. (2012) Closing yield gaps through nutrient and water management. **Nature**, v. 490, p. 254-257, 2012. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v490/n7419/full/nature11420.html>>. Acessado em: 9 de junho de 2015.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de PSA possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 43, p.467-476, 2015.

NIMAH, N. M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M. A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and agregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p.742-745, 1983.

OLIVEIRA, G. Q.; BISCARO, G. A.; JUNG, L. H.; ARAUJO, E. O.; FILHO, P. S. V. Fertirrigação nitrogenada e níveis de PSA para a cultura da alface irrigada por gotejamento. **Engenharia na agricultura**, v. 22, p.456-465, 2014.

ORIKIRIZA, L. J. B.; AGABA, H.; EILU, G.; KABASA, J. D.; WORBES, M.; HÜTTERMANN, A. Effects of hydrogels on tree seedling performance in temperate soils before and after water stress. **Journal of Environmental Protection**, v. 4, p.1-9, 2013.

PAZDERU, K.; KOUDELA, M. Influence of hydrogel on germination of lettuce and onion seed at different moisture levels. **Acta universitatis agricultura e et silvicultura e mendeliana e brunensis**, v. 61, p.1817-1822, 2013.

PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; ROSA, M. C. M.; KIKUTI, A. L. P. Armazenamento de sementes de braquiária peletizadas e tratadas com fungicida e inseticida. **Ciência Rural**, v. 41, p.2060-2065, 2011.

PESKE, F. B.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Produtividade de plantas de soja de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p.95-101, 2009.

PIMENTEL, L. D.; BARROS, A. F.; PAIXÃO, M. Q.; SILVA, L. P.; BORÉM, A. **Análise da produção de sorgo no Brasil em comparação às commodities soja e milho**. In: XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2014, Salvador - BA. XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo.

PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. In: Borém A, Pimentel L, Parrela R. **Sorgo: do plantio á colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014.

PIRES, L. L.; BRAGANTINI, C.; COSTA, J. L. S. Armazenamento de sementes de feijão revestidas com polímeros e tratadas com fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p.709-715, 2004.

PRADO, R. M.; MOURO, M. C. Fontes de zinco aplicado em sementes de sorgo cv. BRS 310 e o crescimento inicial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, p.355-364, 2007.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo. **Scientia agraria**, v. 8, p.313-317, 2007.

QUEIROZ, V. A. V.; VIZZOTTO, M.; CARVALHO, C. W. P.; MARTINO, H. S. D. O Sorgo na Alimentação Humana. **Circular Técnica 133** Embrapa. Sete Lagoas, MG, 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2009/circular/Circ_133.pdf> Acessado em: 27 de setembro de 2014.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acessado em: 13 de janeiro de 2015.

REZENDE, G. M.; PIRES, D. A. A.; BOTELHO, P. R. F.; ROCHA, V. R. J.; SALES, E. C. J.; JAYME, D. G.; REIS, S. T.; PIMENTEL, L. R.; LIMA, L. O. B.; KANEMOTO, E. R.; MOREIRA, P. R. Características agrônômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, p.171-179, 2011.

RIBAS, P. M. A implantação da cultura e importância econômica. **Cultivo do Sorgo**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm>. Acessado em: 12 de setembro de 2014.

ROSA, F.; BORDADO, J. M.; CASQUILHO, M. **Polímeros superabsorventes potencialidades e aplicações**. Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, 1992, 3p.

SANTANA, B. H.; MARTINEZ, A. P.; EMESTICA, O. A. S.; REYES, G. G. Efecto del PSA sobre el rendimiento de semilla entre cultivares de *Brachiaria spp* en el valle de Iguala, México. REDVET. **Revista electrónica de Veterinaria** v. 9, p.1-10, 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090704.pdf>> Acessado em: 5 de fevereiro de 2016.

SAYED, H.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, p.891-899, 1991.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.1351-1359, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BRUNES, A. P.; FRIEDRICH, F. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. **Journal of Seed Science**, v. 35, p.28-34, 2013.

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; DORR, C. S.; BARROS, C. A. B.; PESKE, S. T. Performance of lowland rice seeds coated with dolomitic limestone and aluminum silicate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p.202-211, 2012.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p.1305-1314, 2008.

USDA World Agricultural Production (2016) Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acessado em: 22 de maio de 2016.

VALE, G. F. R.; CARVALHO, S.P.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidrorretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, v. 1, p.7-13, 2006.

WALLACE, A.; WALLACE, G. A. Effect of polymer soil conditioners on emergence of tomato seedlings. **Soil Science**, v. 141, p.321-323, 1986.