

## Dessecação pré-colheita em sorgo granífero: qualidade fisiológica das sementes e efeito sobre a rebrota

Angélica Fátima de Barros<sup>1</sup>, Leonardo Duarte Pimentel<sup>1</sup>, Francisco Cláudio Lopes de Freitas<sup>1</sup>, Paulo Roberto Cecon<sup>1</sup>, Adriano Cirino Tomaz<sup>1</sup>, Elisângela Aparecida Milagres Sousa<sup>1</sup>, Letícia Milagres Ladeira<sup>1</sup>, Evandro Marcos Biesdorf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: agro.angelicabarros@gmail.com (ORCID: 0000-0002-5111-2454); leonardopimentelagro@gmail.com (ORCID: 0000-0003-2620-4039); francisco.freitas@ufv.br (ORCID: 0000-0003-1911-7201); cecon@ufv.br (ORCID: 0000-0001-8213-0199); adrianotomaz86@gmail.com (ORCID: 0000-0002-8641-7696); elisangelamilagres24@gmail.com (ORCID: 0000-0001-7464-6531); leticia\_lmilagres@hotmail.com (ORCID: 0000-0001-7929-5953); evandromarcospva@hotmail.com (ORCID: 0000-0001-5846-5482)

**RESUMO:** O uso de dessecantes em pré-colheita no sorgo pode tornar essa etapa no campo mais ágil e eficiente. Entretanto, a aplicação de herbicidas sobre a cultura oferece riscos à germinação e ao vigor das sementes. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito de dessecantes sobre a antecipação da colheita, a qualidade fisiológica das sementes e controle da rebrota em sorgo granífero. O experimento foi conduzido em esquema fatorial (2 x 4) +1, sendo avaliados dois herbicidas glyphosate (Roundup original) e paraquat (Gramoxone 200) aplicados em quatro doses (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial) mais o tratamento controle (sem aplicação) no delineamento blocos casualizados. As características avaliadas foram: antecipação da colheita, primeira contagem de germinação, germinação, teor de água e condutividade elétrica das sementes e controle da rebrota da planta. O paraquat permite a antecipação da colheita em até 14 dias e quando aplicado nas doses de até 2,0 L ha<sup>-1</sup> não prejudica a germinação das sementes e, por ser um herbicida de contato, não exerceu controle sobre a rebrota das plantas de sorgo. O glyphosate, por ser um herbicida sistêmico, exerce controle eficiente da rebrota do sorgo e possibilita a antecipação da colheita em até 12 dias.

**Palavras-chave:** germinação; glyphosate; paraquat; *Sorghum bicolor*

## Pre-harvest desiccation in grain sorghum: physiological seed quality and effect on regrowth

**ABSTRACT:** The use of pre-harvest desiccants in sorghum can make this step in the field more agile and efficient. However, herbicide application on the crop poses risks to seed germination and vigor. In this context, the desiccant effect on harvest anticipation, the physiological quality of the seeds and the control of regrowth in grain sorghum were studied. The experiment was conducted in a factorial scheme (2 x 4) +1, with two herbicides glyphosate (Roundup original) and paraquat (Gramoxone 200) with two doses (0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 L ha<sup>-1</sup> of the commercial product) plus the control control (without application) in the randomized block design. The harvests were: anticipation of the harvest, first germination count, germination, water content and electrical conductivity of the seeds and control of plant regrowth. Paraquat allows an anticipation of the harvest in up to 14 days and when it is used in the doses of 2.0 L ha<sup>-1</sup> not harmful to the germination of the seeds and, therefore, a contact herbicide, it is not necessary to make a control on a regrowth of sorghum plants. Glyphosate, because it is a systemic herbicide, exerts efficient control of sorghum regrowth and allows harvesting in up to 12 days.

**Key words:** germination; glyphosate; paraquat; *Sorghum bicolor*

## Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos no mundo, considerando o cultivo de soja e milho (Conab, 2018). Nas principais regiões produtoras do país o plantio inicia-se em outubro e a colheita é realizada a partir de fevereiro. Nos estados em que se realizam duas safras, a dessecação pré-colheita é utilizada com a finalidade de agilizar as operações no campo para o cultivo seguinte. Essa técnica envolve a aplicação de herbicidas para promover a rápida secagem das plantas, visando melhorar a uniformidade de maturação das sementes e, conseqüentemente, antecipar a colheita (Pereira et al., 2015). Geralmente, nas regiões sudeste e centro-oeste do país, em anos agrícolas onde as chuvas são escassas ou o plantio é feito tardiamente em março/abril, os produtores optam pela produção de sorgo, que é uma cultura tolerante ao déficit hídrico e com alta produtividade de grãos.

O uso de desseccantes para a antecipação da colheita de sementes é uma prática comum em diversas culturas como feijão (Goffnett et al., 2016), soja (Bezerra et al., 2016), trigo (Krenchinski et al., 2017), arroz (He et al., 2015), canola (Zhang & Van Vekduizen, 2016) e mamona (Costa et al., 2018). Para a maioria das culturas há desseccantes registrados, porém, na cultura do sorgo a dessecação, quando necessária, é feita de forma empírica pelos produtores e não há produtos registrados. Dentre os produtos mais utilizados, destaca-se o paraquat, que pertence ao grupo químico biperidílios e atua no fotossistema I. Atua capturando elétrons derivados da fotossíntese e da respiração, formando radicais livres, que resultam na formação de radicais hidroxil e oxigênio livre, os quais promovem a peroxidação dos lipídeos das membranas celulares, ocasionando extravazamento do suco celular e morte do tecido, com início do aparecimento dos sintomas em poucas horas (Sherwani et al., 2015).

Outro herbicida com potencial para dessecação em pré-colheita é o glyphosate, que é um herbicida sistêmico, não seletivo, pertencente ao grupo químico derivado da glicina. O mecanismo de ação ocorre através da inibição da enzima EPSPS (5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase) na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, que são precursores de lignina, flavonóides e ácidos benzóicos. Os sintomas incluem amarelecimento dos meristemas, folhas e colmo, que progridem para necrose. As plantas tratadas morrem lentamente, de sete a quatorze dias após a aplicação dependendo da sensibilidade da espécie e da dosagem (Sherwani et al., 2015).

Especificamente no caso do sorgo, na maturidade fisiológica as sementes apresentam cerca de 23% de umidade e as plantas permanecem verde (*stay green*), inviabilizando a colheita. Logo, esses fatores precisam ser otimizados, pois esse tempo em que as sementes ficam expostas no campo pode ocasionar perdas de rendimento e/ou qualidade decorrente do ataque de patógenos, pragas e pássaros, e também da degrana natural. Nesse sentido, a colheita envolve combinação de fatores como maturação fisiológica da semente, umidade e mecanização.

Contudo, a não observação da época adequada de aplicação do herbicida desseccante e da dose adequada pode comprometer a qualidade fisiológica das sementes (Botelho et al., 2016). Pinto et al. (2016) avaliaram a dessecação pré-colheita da soja e mostraram que o glyphosate pode reduzir a germinação das sementes e prejudicar o desenvolvimento das plântulas. No trigo também foi verificada redução na germinação e no vigor das sementes em estudos com glyphosate e paraquat aplicados em pré-colheita (Fipke et al., 2018).

Após a colheita de grãos de sorgo, a parte remanescente do colmo e o sistema radicular ainda permanecem vivos, possibilitando a rebrota se as condições edafoclimáticas forem adequadas. Em determinadas situações, quando se deseja o pastejo ou colheitas adicionais, a soqueira é desejável. Por outro lado, quando o produtor opta por preparar a área antecipadamente para a safra seguinte ou decide deixar a palha para cobertura do solo, a rebrota deve ser eliminada (Silva et al., 2015). Nesse contexto, a dessecação poderia ser feita também com o intuito de eliminar a rebrota, otimizando as operações no campo.

Logo, este estudo pode auxiliar a demanda dos produtores e contribuir para a consolidação da dessecação pré-colheita no sorgo granífero. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de herbicidas desseccantes sobre a antecipação da colheita, a qualidade fisiológica das sementes e controle da rebrota em sorgo granífero.

## Material e Métodos

### Local e condições climáticas

O experimento foi conduzido no Campo Experimental Diogo Alves de Melo, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa-MG, durante os meses de novembro de 2017 a fevereiro de 2018. As condições ambientais durante a condução do experimento estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar (UR) e totais mensais de precipitação (PREC), durante o período experimental, em Viçosa/MG, 2017.

Período (2017-2018)	Temperaturas médias (°C)			PREC (mm)
	Máx	Média	Mín	
6 a 30 novembro	27,98	23,25	18,52	166,90
1 a 31 dezembro	29,30	24,87	20,44	266,00
1 a 31 janeiro	30,09	24,08	18,07	131,20
1 a 28 fevereiro	29,17	26,22	23,27	121,40

Fonte: UFV (2018).

### Implantação e manejo da cultura

O preparo da área experimental consistiu de uma aração seguida de duas gradagens. A semeadura mecânica foi realizada no dia 6/11/2017, utilizando-se 13 sementes de sorgo granífero BRS 310 por metro linear, com fileiras espaçadas de 0,5 m. O solo foi classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo distroférico, de textura argilosa (Embrapa, 2013).

De acordo com as recomendações para a cultura, na adubação de plantio foram aplicados 300 Kg ha<sup>-1</sup> da formulação 04:14:8 (N-P-K), e na adubação de cobertura foram aplicados 200 Kg ha<sup>-1</sup> de ureia (44% de N), aos 30 dias após a emergência das plântulas.

As plantas daninhas dicotiledôneas foram controladas com atrazina, aos 15 dias após o plantio e para o controle das gramíneas foi realizada uma capina manual com enxada. Para o controle de pragas utilizou-se o inseticida deltametrina.

### Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (2 x 4) +1, sendo avaliados dois herbicidas glyphosate (Roundup original) e paraquat (Gramoxone 200) aplicados em quatro doses (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial) mais o tratamento controle (sem aplicação) no delineamento blocos casualizados (Tabela 2).

As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 6,0 m lineares, espaçadas em 0,50 m entre si. A área útil utilizada para as avaliações foi composta das duas linhas centrais da parcela, eliminando 1,0 m de cada extremidade.

As panículas que seriam avaliadas foram cobertas com sacos de nylon perfurados para impedir o ataque de pássaros. Antes da aplicação estes sacos foram retirados e posteriormente foram recolocados.

**Tabela 2.** Especificações dos dessecantes aplicados nas parcelas, com as respectivas doses do produto comercial e ingrediente ativo (i.a.) para o paraquat e equivalente ácido (e.a.) para o glyphosate.

Nome comum	Nome comercial	Dosagem	
		g i.a. ha <sup>-1</sup> / g e.a. ha <sup>-1</sup>	Produto comercial (L ha <sup>-1</sup> )
Paraquat	Gramoxone 200	100	0,5
		200	1
		400	2
		800	4
		180	0,5
Glyphosate	Roundup original	360	1
		720	2
		1.440	4

### Dessecação pré-colheita

A identificação do início da maturidade fisiológica das sementes foi realizada por meio de amostragem na fase grão farináceo e assim certificou-se que a fase de grão duro (maturidade fisiológica da semente de sorgo) ocorreria nas semanas seguintes. Desta forma, a dessecação química do sorgo foi feita no dia 16/02/2018, aos 102 dias após a semeadura.

A aplicação foi feita no período da manhã, utilizando-se pulverizador costal, pressurizado por CO<sub>2</sub> a 200 kPa de pressão, com barra com quatro pontas de jato plano tipo leque XR 110-02, espaçadas de 0,50 m e o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi feita a uma altura de 0,50 m das panículas. As condições climáticas no momento da aplicação foram: temperatura de 24°C; umidade relativa do ar de 80%; e velocidade média do vento de 4 km h<sup>-1</sup>.

### Colheita das sementes

As panículas foram colhidas manualmente aos 4 e aos 7 dias após a dessecação, juntamente com o tratamento controle (sem aplicação). As sementes de sorgo foram separadas manualmente das panículas e as impurezas foram retiradas com auxílio de peneira com 50 cm de diâmetro e malha da tela 3 x 6 mm. Posteriormente, as amostras foram levadas para o laboratório de sementes pertencente ao Departamento de Fitotecnia/UFV.

### Características avaliadas - Qualidade fisiológica das sementes

- Primeira contagem de germinação (%): realizada conjuntamente com o teste padrão de germinação. Foi avaliada a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação do teste.

- Germinação (%): realizado com quatro repetições de 25 sementes. Utilizou-se, como substrato, rolo de papel germitest umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco e mantido a 25 °C. As contagens foram efetuadas aos 4 e 10 dias após a instalação (Brasil, 2009).

- Teor de água das sementes (% base úmida): foram avaliadas quatro subamostras de 50 sementes. Utilizou-se método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas, sendo calculada por diferença de massa, com base na massa úmida das sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

- Condutividade elétrica: foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes fisicamente puras, pesadas com precisão de 0,01g, colocadas para embeber em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada (condutividade elétrica ≤ 2 μS cm<sup>-1</sup>) em câmara de germinação tipo B.O.D. Após 24 horas de embebição, a condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de leituras em condutivímetro DIGIMED, modelo DM-31, com os resultados expressos em μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> de sementes.

### Efeito dos herbicidas sobre a rebrota das plantas

Aos 7 dias após a dessecação eliminou-se uma fileira de plantas em cada parcela, com o auxílio de uma roçadeira. Desta forma, foi avaliado se os herbicidas e as respectivas doses foram capazes de eliminar a soqueira.

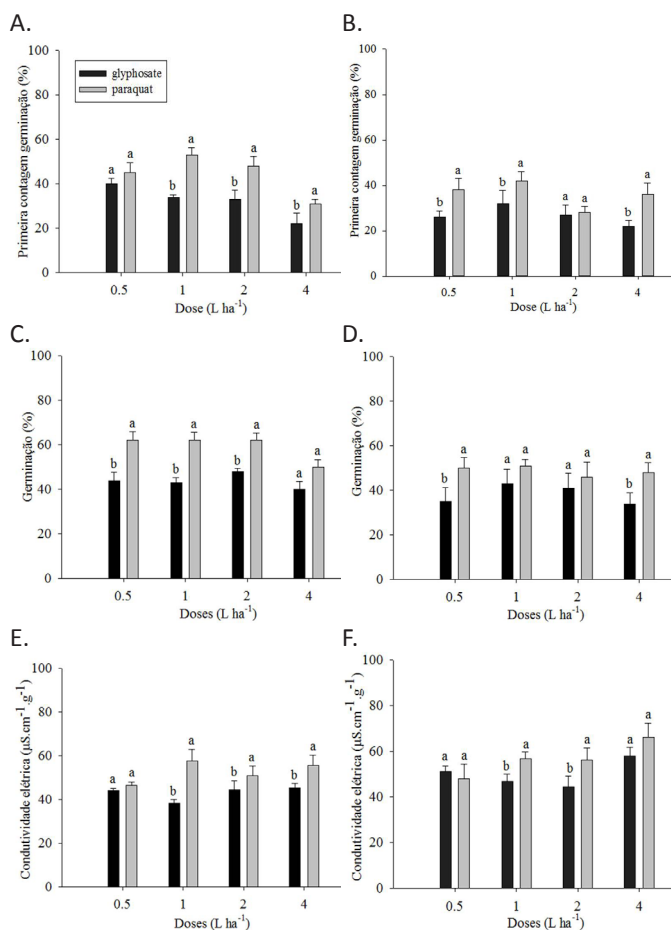
### Análise estatística

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para comparar as médias das combinações de herbicidas com doses (tratamentos) com o controle utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para comparar as médias dos herbicidas utilizou-se o teste de Tukey, adotando-se 5% de probabilidade. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativo optou-se pelo desdobramento do mesmo devido ao interesse em estudo. Para o fator quantitativo os modelos foram escolhidos na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste de "t" no coeficiente de determinação  $R^2 = \frac{SQ_{\text{Regressão}}}{SQ_{\text{Tratamento}}}$  e no fenômeno biológico.

## Resultados e Discussão

Aos 4 dias após a aplicação (DAA), o glyphosate e o paraquat não diferiram na menor dose (0,5 L ha<sup>-1</sup>) para a avaliação de primeira contagem de germinação (PCG), mas a porcentagem de germinação das sementes com aplicação de paraquat foi 20 pontos percentuais superior quando comparada com o glyphosate (Figura 1). A condutividade elétrica (CE), entretanto, foi maior no tratamento com paraquat em todas as doses, exceto com 0,5 L ha<sup>-1</sup>, que não houve diferença entre os herbicidas. Nas doses intermediárias (1,0 e 2,0 L ha<sup>-1</sup>), a PCG e a germinação das sementes receberam aplicação de paraquat foram superiores. Para a maior dose (4 L ha<sup>-1</sup>) de paraquat as sementes apresentaram maior PCG quando comparada às sementes tratadas com glyphosate, enquanto que para a germinação não houve diferença significativa para a aplicação dessa dose em ambos produtos.

Aos 7 DAA, as sementes que receberam aplicação de paraquat em todas as doses, exceto 2,0 L ha<sup>-1</sup>, atingiram valores superiores de PCG e germinação nas doses de 0,5 e 4,0



Médias iguais entre herbicidas dentro de cada dose não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

**Figura 1.** Primeira contagem de germinação, germinação e condutividade elétrica das sementes de sorgo granífero colhidas aos quatro dias (A, C, E) e aos sete dias (B, D, F) após a aplicação dos herbicidas paraquat (Gramoxone 200) e glyphosate (Roundup original) em pré-colheita, ambos nas doses de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial.

L ha<sup>-1</sup> quando comparadas com as sementes com aplicação de glyphosate. A condutividade elétrica foi superior nas sementes tratadas com paraquat nas doses de 1,0 e 2,0 L ha<sup>-1</sup> (Figura 1).

O teor de água das sementes foi em média 14% e não houve diferença significativa entre os tratamentos. O teste de germinação é o procedimento oficial para avaliar a capacidade das sementes produzirem plântulas normais sob condições ideais (Carvalho & Nakagawa, 2012). Verificou-se que o glyphosate provocou maior prejuízo à PCG e germinação quando comparado ao paraquat nas doses até 4 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial e isso pode estar relacionado à ação sistêmica do produto que pode ter desencadeado reações químicas na semente.

A condutividade elétrica permite a separação de lotes em diferentes níveis de qualidade, baseando-se na menor velocidade de estruturação das membranas por sementes menos vigorosas, quando embebidas em água, tendo como consequência maior liberação de exsudatos para o exterior da célula e, portanto, maior condutividade elétrica que aquelas mais vigorosas (Marcos Filho, 2015). Observou-se maior condutividade elétrica no tratamento com paraquat, o que permite inferir que esse herbicida pode ter afetado a membrana das sementes devido à sua ação de contato que causa oxidação.

A partir da maturidade fisiológica, a translocação de fotoassimilados da planta para a semente é cessada (Marcos Filho, 2015). Neste sentido, a aplicação de herbicidas pré-colheita não deveria comprometer a qualidade fisiológica das sementes. Contudo, em culturas que se realiza a dessecação, como soja e feijão, as sementes estão protegidas pela vagem e no caso do milho, existe a palha. Todavia, no sorgo, as sementes estão expostas na panícula e no momento da aplicação recebem diretamente o produto e por isso podem ser mais sensíveis.

A aplicação de paraquat resultou em percentuais de PCG e germinação das sementes superiores ao glyphosate nas doses até 2 L ha<sup>-1</sup>, na colheita realizada aos 4 DAA. Esses resultados corroboram com os encontrados por Szarecki et al. (2016) em soja, que explicaram que o fato do glyphosate translocar-se confere ao herbicida efeito mais danoso e mais prolongado. Contudo, Bellé et al. (2014) demonstraram que o glyphosate tem menor efeito fitotóxico nas sementes de trigo quando comparado ao paraquat. É possível que as aristas, que se localizam próximas às sementes de trigo, minimizem o efeito direto do produto.

A condutividade elétrica das sementes que receberam aplicação de paraquat foi superior a 45 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>, exceto para a dose de 0,5 L ha<sup>-1</sup> (condutividade elétrica 26,89 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) para a colheita 4 DAA. De acordo com Vazquez et al. (2011) valores de condutividade elétrica entre 25,31 e 31,49 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> classificam lotes de sementes de sorgo como sendo de baixo vigor, 23 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> vigor intermediário e 21,49 μS cm<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> como um lote com alto vigor, levando em consideração também a germinação. Assim, as doses superiores a 2 L ha<sup>-1</sup>, dependendo das condições de aplicação do paraquat, podem reduzir o vigor das sementes de sorgo porque esse

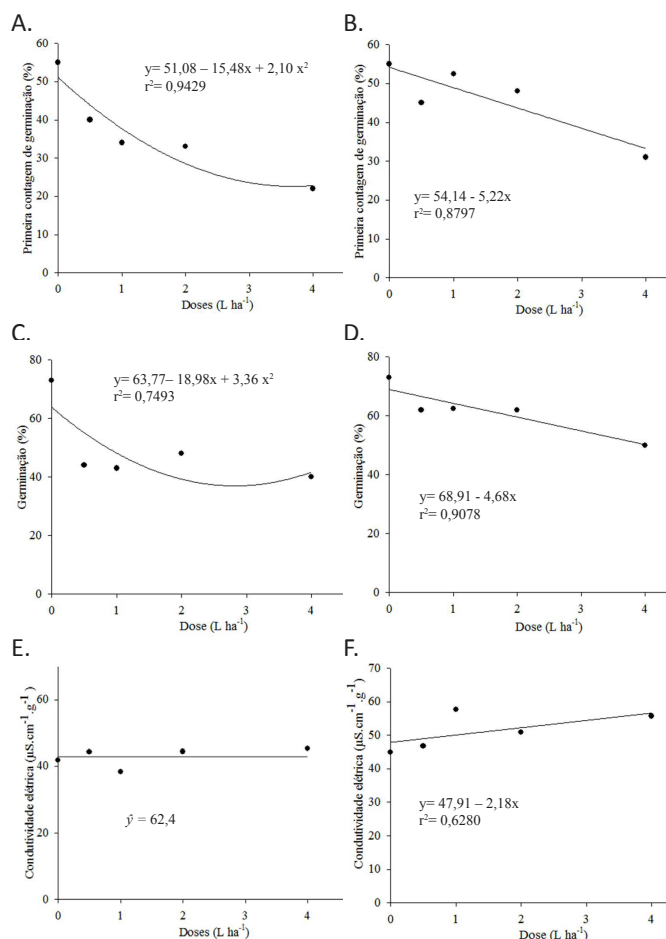
produto ataca os ácidos graxos insaturados das membranas, rapidamente rompendo e desidratando as membranas e tecidos das células (Sherwani et al. 2015).

Aos 7 DAA havia chovido 28 mm, acumulados desde a aplicação dos dessecantes. É provável que essa situação tenha contribuído para que a germinação das sementes que receberam aplicação de dessecantes nas doses intermediárias (1,0 e 2,0 L ha<sup>-1</sup>) não apresentasse diferença estatística. Trabalhos mostram que as chuvas comprometem drasticamente a qualidade fisiológica das sementes de soja, acelerando a deterioração no campo (Krzyzanowski et al., 2008; Castro et al., 2016). Isso porque a vagem se mantém úmida e a semente de soja é higroscópica. Por outro lado, a semente de sorgo é menos higroscópica e como está exposta na panícula o processo de secagem é favorecido após a chuva. Além disso, a cobertura protetora da semente de soja é composta por lipídeos, que são muito instáveis, enquanto no sorgo o amido confere maior estabilidade (Marcos Filho, 2015).

O efeito das doses do herbicida glyphosate mostrou um comportamento quadrático e para o paraquat foi linear (Figura 2). Inere-se que o aumento das doses de glyphosate provoca efeitos mais severos nas sementes de sorgo. Tarumoto et al. (2015) em estudos com trigo corroboram os resultados encontrados, indicando que não existe efeito na germinação das sementes em função das doses de paraquat. Por outro lado, Pinto et al. (2016) indicam que a aplicação de até 1080 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate na soja não afeta a qualidade fisiológica das sementes, mas o dobro desta dose já causa redução no comprimento da raiz primária das plântulas.

A PCG e a germinação das sementes com aplicação de paraquat não apresentaram diferença estatística quando cada dose foi comparada com o tratamento sem dessecação, e com efeitos deletérios somente para a maior dose de paraquat em ambas as avaliações (4 e 7 DAA) para a PCG, e aos 4 DAA para a germinação. Logo, o herbicida paraquat prejudicou a germinação das sementes apenas quando utilizado na dose de 4 L ha<sup>-1</sup> e quando se realizou a colheita aos 4 DAA.

O herbicida glyphosate teve efeito prejudicial sobre a PCG e a germinação tanto nas avaliações das sementes colhidas aos 4 quanto aos 7 DAA quando comparado com o tratamento



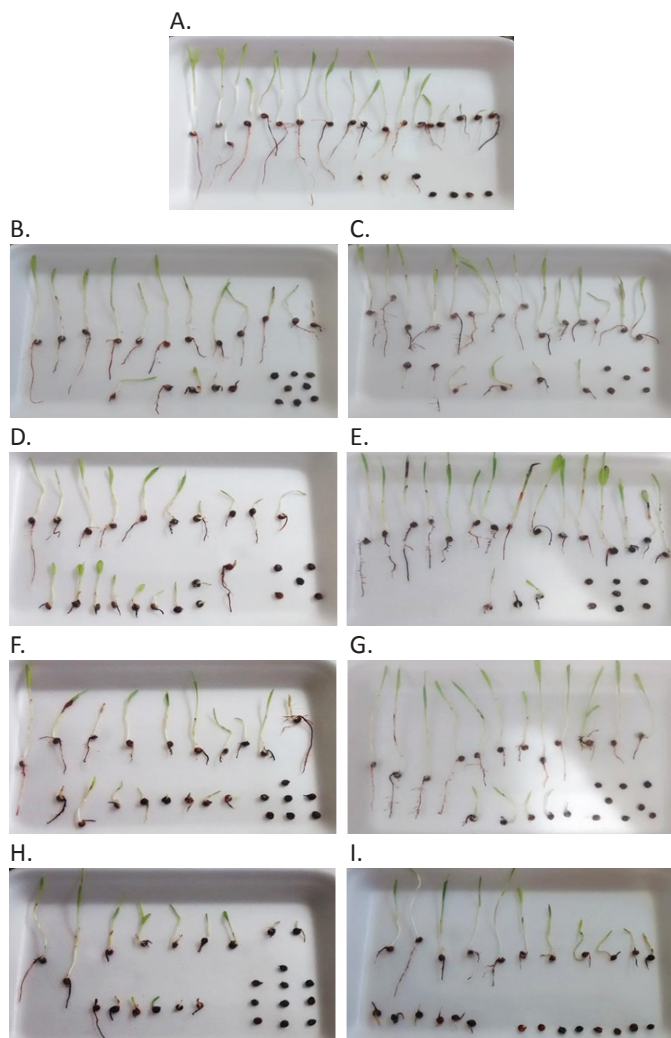
**Figura 2.** Primeira contagem de germinação, germinação e condutividade elétrica das sementes de sorgo granífero colhidas aos quatro dias após a aplicação em pré-colheita dos herbicidas glyphosate (A, C, E) e paraquat (B, D, F) em função doses 0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> dos respectivos produtos comerciais (Roundup original e Gramoxone 200).

controle, sendo que os danos foram maiores a medida que houve incremento da dose (Figura 3). A condutividade elétrica foi inferior ao tratamento sem herbicida apenas para a menor dose deste produto quando avaliado aos 4 DAA, enquanto para o paraquat não houve diferença significativa em nenhuma das datas de avaliação em comparação ao controle (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios para os percentuais da primeira contagem de germinação (PCG) e da germinação (G) e condutividade elétrica (CE) das sementes de sorgo aos quatro e aos sete dias após a aplicação dos herbicidas paraquat (Gramoxone 200) e glyphosate (Roundup original) em pré-colheita, ambos nas doses de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial (PC).

Tratamento	PCG		G		CE	
	4 DAA	7 DAA	4 DAA	7 DAA	4 DAA	7 DAA
Controle (sem aplicação)	55,00	45,00	73,00	64,00	44,96	49,55
Glyphosate (0,5 L ha <sup>-1</sup> do PC)	40,00*	26,00*	44,00*	35,00*	26,89*	60,26
Glyphosate (1,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	34,00*	32,00	43,00*	43,00*	37,34	46,87
Glyphosate (2,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	33,00*	27,00*	48,00*	41,00*	44,23	40,22
Glyphosate (4,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	22,00*	22,00*	40,00*	34,00*	41,72	50,35
Paraquat (0,5 L ha <sup>-1</sup> do PC)	45,00	38,00	62,00	50,00	46,68	53,57
Paraquat (1,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	52,00	42,00	62,50	51,00	57,61	54,10
Paraquat (2,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	48,00	36,00	62,00	46,00	50,91	51,40
Paraquat (4,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	31,00*	28,00*	50,00*	48,00	55,73	61,63

\* As médias com asterisco na coluna diferem do controle ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.



**Figura 3.** Plântulas de sorgo na avaliação final do teste de germinação cujas sementes foram colhidas quatro dias após a aplicação para os tratamentos controle (A) e com aplicação dos herbicidas glyphosate (B, D, F, H) respectivamente nas doses de 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial (Roundup original) e paraquat (C, E, G, I) também em ordem crescente das doses do produto comercial (Gramoxone 200).

O dano causado após o uso de glyphosate em pré-colheita foi alertado por Souza (2013) em estudos com sementes de soja. Segundo estes autores, quando aplicado mais diretamente nas sementes pode ocorrer absorção local do produto, além de posterior degradação das moléculas e formação de metabólitos secundários como AMPA (ácido aminometilfosfônico), que pode ser acumulado nas sementes e desencadear distúrbios que levam à formação de plântulas anormais.

A dessecação de soja convencional com glyphosate é recomendada apenas para produção de grãos, pois para produção de sementes frequentemente ocorrem danos no sistema radicular, caracterizada pelo encurtamento da raiz principal e atrofiamento das raízes secundárias (Juhász et al., 2013). Jaskulski & Jaskulska (2014) também mostraram a ação negativa do herbicida glyphosate sobre o potencial fisiológico das sementes de trigo, cujas plântulas apresentaram sintomas de fitotoxidez nas raízes.

De acordo com Azevedo et al. (2015) o uso de paraquat não causa danos à semente de soja, desde que seja aplicado no estágio fenológico adequado. Por outro lado, em culturas como o arroz (He et al., 2015) e o trigo (Fipke et al., 2018) há estudos que mostram que o paraquat pode afetar a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas. Essa divergência com relação ao uso do paraquat se deve ao fato de existir uma forte relação do estágio de aplicação e das condições ambientais (temperatura, luminosidade, etc) que sucedem a aplicação sobre os efeitos do produto sobre a semente (Bezerra et al., 2016).

O máximo de germinação (73%) foi atingido aos 4 dias após identificada a maturidade fisiológica (Tabela 3). Esse índice ainda é considerado baixo, visto que para a comercialização de sementes de sorgo a germinação mínima exigida é 80% (Mapa, 2013). É provável que esta seja uma consequência do uso de sacos de nylon perfurados que foram colocados para cobrir as panículas e assim impedir o ataque de pássaros. Contudo, como todas as panículas avaliadas foram cobertas, o efeito foi generalizado. Essa seria inclusive uma justificativa para a antecipação da colheita com uso de dessecanes, pois o ataque de pássaros é um problema sério que atinge muitas áreas.

Em relação à secagem das plantas, notou-se, como esperado, que o paraquat possui o efeito mais rápido, possibilitando a colheita 3 DAA. Nas doses igual e inferior a 1,0 L ha<sup>-1</sup>, a ação foi um pouco mais lenta e retardou 2 dias, igualando à época de colheita para a maior dose de glyphosate que foi de 5 DAA (Tabela 4). As doses de 0,5 a 2,0 L ha<sup>-1</sup> de glyphosate proporcionaram a secagem das plantas de forma semelhantes, requerendo de um dia a mais para a colheita à medida que a dose foi reduzida e, assim, os tratamentos nas doses de 0,5 e 1,0 L ha<sup>-1</sup> foram colhidos 7 DAA.

A aplicação de todas as doses de glyphosate eliminou a rebrota das plantas de sorgo (Figura 4). Uma das características mais importantes do glyphosate é a mobilidade pelo floema, com translocação através do simplasto das folhas para os demais órgãos da planta tratada, inclusive o caule e raízes. Esse herbicida afeta a síntese de metabólitos secundários

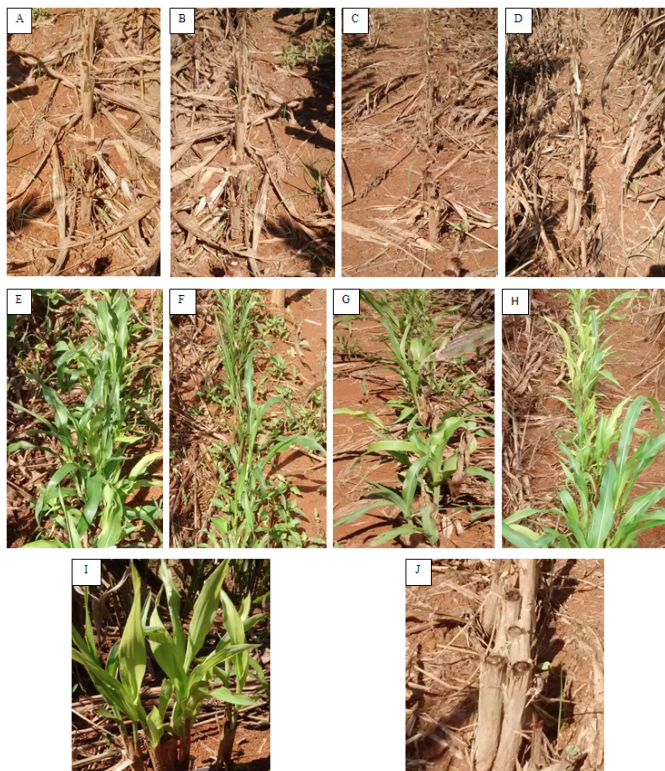
**Tabela 4.** Antecipação da colheita de sorgo granífero após a aplicação dos herbicidas paraquat (Gramoxone 200) e glyphosate (Roundup original) em pré-colheita, ambos nas doses de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial (PC) em comparação com o tratamento controle (sem aplicação).

Tratamento	Dias após a aplicação	Antecipação da colheita
	(dias)	
Controle (sem aplicação)	17	-
Glyphosate (0,5 L ha <sup>-1</sup> do PC)	7	10
Glyphosate (1,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	7	10
Glyphosate (2,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	6	11
Glyphosate (4,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	5	12
Paraquat (0,5 L ha <sup>-1</sup> do PC)	5	12
Paraquat (1,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	5	12
Paraquat (2,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	3	14
Paraquat (4,0 L ha <sup>-1</sup> do PC)	3	14

devido ao bloqueio da rota do ácido chiquímico. Dentre os danos causados à planta, relatam-se os efeitos sobre a síntese de IAA (ácido indolacético) e de outros hormônios vegetais, na síntese de clorofila, fitoalexinas e de lignina, síntese de proteínas, fotossíntese, respiração, transpiração, permeabilidade de membranas (Sherwani et al., 2015).

Nesse sentido, por ser um produto sistêmico e com ação sobre rotas essenciais para a sobrevivência das plantas, o efeito do glyphosate sobre a soqueira era esperado e até mesmo na menor dose (0,5 L ha<sup>-1</sup>) confirmou-se a eficiência. Contudo, a velocidade de metabolização pode variar com a espécie, o ambiente, o estágio de desenvolvimento da planta e que, ainda há diferenças entre genótipos quanto à mortalidade de perfilhos sob ação deste produto.

O paraquat possui baixa mobilidade na planta e a pequena translocação ocorre pelo sistema apoplástico. Esse herbicida é considerado de contato e de ação rápida, principalmente em aplicações diurnas sob forte ação luminosa (Sherwani et al., 2015). Assim, não há efeito desse produto sobre as estruturas de reserva como caule e sistema radicular e, por isso, em todas as doses aplicadas, as plantas rebrotaram (Figura 5). Nesse contexto, a opção por eliminar ou não a soqueira pode influenciar na escolha do produto, de acordo com o interesse do produtor.



**Figura 4.** Rebrotas das plantas de sorgo granífero após a aplicação de glyphosate (A, B, C, D) nas doses de 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial e paraquat (E, F, G, H) também em ordem crescente das doses. Detalhe da rebrota após a aplicação de paraquat (I) e glyphosate (J) ambos na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup> dos respectivos produtos comerciais (Gramoxone 200 e Roundup original).

## Conclusões

É possível antecipar a colheita do sorgo com uso de dessecante em até 14 dias, sendo que o efeito na qualidade fisiológica da semente e no controle da soqueira é influenciado pelo ingrediente ativo do produto.

O paraquat permite a antecipação da colheita em até 14 dias e quando aplicado nas doses de até 2,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial não prejudica a germinação das sementes. Além disso, o paraquat, por ser um herbicida de contato, não exerce controle sobre a rebrota do sorgo.

O glyphosate, por ser um herbicida sistêmico, exerce controle eficiente da rebrota do sorgo nas doses avaliadas do produto comercial e possibilita a antecipação da colheita em até 12 dias. No entanto, este herbicida prejudica a germinação das sementes de sorgo.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

## Literatura Citada

- Azevedo, M.D.; Pagnoncelli, C.A.; Coltro-Roncato, S.; Matte, S.D.S.; Gonçalves, E.D. V.; Dildey, O.D.F.; Heling, A. L. Aplicação de diferentes herbicidas para dessecção em pré-colheita de soja. *Revista Agrarian*, v. 8, n. 29, p. 246-252, 2015. <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3325/2724>. 08 Jan. 2019.
- Bellé, C.; Kulczynski, S. M.; Basso, C.J.; Edu Kaspar, T.; Lamego, F.P.; Pinto, M.A. B. Yield and quality of wheat seeds as a function of desiccation stages and herbicides. *Journal of Seed Science*, v.36, n.1, p.63-70, 2014. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372014000100008>.
- Bezerra, A.R.G.; Sediya, T.; Cruz, C.D.; dos Santos Silva, F.C.; da Silva, A.F.; Rosa, D.P.; dos Santos Dias, L.A. Productivity and quality of soybean seeds of determinate and indeterminate growth types desiccated in pre-harvest. *Australian Journal of Crop Science*, v.10, n.5, p.693-700, 2016. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7421>.
- Botelho, F.J.E.; Oliveira, J.A.; Von Pinho, E.V.D.R.; Carvalho, E.R.; Figueiredo, Í. B. D.; Andrade, V. Qualidade de sementes de soja obtidas de diferentes cultivares submetidas à dessecção com diferentes herbicidas e épocas de aplicação. *Revista Agro@mbiente On-line*, v.10, n.2, p.137-144, 2016. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.2760>.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa; ACS, 2009. 399p.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p. Castro, E.D.M.; Oliveira, J.A.; Lima, A.E.D.; Santos, H.O.D.; Barbosa, J.I.L. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvesting period. *Journal of Seed Science*, v.38, n.1, p.14-21, 2016. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n1154236>.

- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira- Grãos. Brasília: Conab, 2018. 140p. (v. 5 - Safra 2017/18, n. 5 - Quinto levantamento). [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/12569\\_5b3e0e675171f49a5b1e9215edc1064a](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/12569_5b3e0e675171f49a5b1e9215edc1064a). 15 Mai. 2018.
- Costa, A.G.; Severino, L.S.; Sofiatti, V.; Freitas, J.G.; Gondim, T.M.; Cardoso, G.D. Pre-harvest desiccation of castor crop using 2, 4-D and glyphosate. *Industrial Crops and Products*, v.122, p.261-265, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.070>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- Fipke, G.M.; Martin, T.N.; Nunes, U.R.; Stecca, J.D.L.; Winck, J.E.M.; Grando, L.F. T.; da Costa Rossato, A. Application of non-selective herbicides in the pre-harvest of wheat damages seed quality. *American Journal of Plant Sciences*, v. 9, n. 01, p. 107, 2018. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.91010>.
- Goffnett, A.M.; Sprague, C.L.; Mendoza, F.; Cichy, K.A. Preharvest herbicide treatments affect black bean desiccation, yield, and canned bean color. *Crop Science*, v.56, n.4, p.1962-1969, 2016. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0469>.
- He, Y.Q.; Cheng, J.P.; Liu, L.F.; Li, X.D.; Yang, B.; Zhang, H.S.; Wang, Z.F. Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. *Journal of Zhejiang University-Science B*, v.16, n.10, p.813-823, 2015. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1500032>.
- Jaskulski, D.; Jaskulska, I. The effect of pre-harvest glyphosate application on grain quality and volunteer winter wheat. *Romanian Agricultural Research*, v.31, p.283-289, 2014. <http://incda-fundulea.ro/rar/nr31/rar31.34.pdf>. 12 Jan. 2019.
- Juhász, A.C.P.; Pádua, G.D.; Wruck, D.S.M.; Favoreto, L.; Ribeiro, N.R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. *Informe Agropecuário*, v.34, n. 276, p.66-75, 2013. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96308/1/cpamt-wruck-0100-3364-2013.pdf>. 08 Jan. 2019.
- Krenchinski, F.H.; Cesco, V.J.S.; Rodrigues, D.M.; Pereira, V.G.C.; Albrecht, A.J.P.; Albrecht, L.P. Yield and physiological quality of wheat seeds after desiccation with different herbicides. *Journal of Seed Science*, v.39, n.3, p.254-261, 2017. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n3172506>.
- Krzyzanowski, F.C.; França Neto, J.D.B.; Henning, A.D.A.; Costa, N.P. A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades: série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 8p. ((Embrapa Soja. Circular Técnica, 55). <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009-09/28207/1/circtec55.pdf>. 13 Abr. 2018.
- Marcos Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Mapa. Instrução Normativa Mapa n. 45/2013, de 17 de setembro de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, amendoim, arroz, arroz preto, arroz vermelho, aveia branca e amarela, canola, centeio, cevada, ervilha, feijão, feijão caupi, gergelim, girassol variedades, girassol cultivares híbridas, juta, linho, mamona variedades, mamona cultivares híbridas, milho variedades, milho cultivares híbridas, painço, soja, sorgo variedades, sorgo cultivares híbridas, tabaco, trigo, trigo duro, triticale e de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico, a partir do início da safra 2013/2014 Diário Oficial da União, v.150, n.181, seção 1, p.10-37, 2013. [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy\\_of\\_INN45de17desetembre2013.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembre2013.pdf). 20 Nov 2018.
- Pereira, T.; Medeiros Coelho, C.M.; Arruda Souza, C.; Mantovani, A.; Mathias, V. Dessecação química para antecipação de colheita em cultivares de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.4, p. 2383-2394, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2383>.
- Pinto, C. C.; Oliveira, C. O.; Américo, G. H. P.; Vazquez, G. H.; Lazarini, E. Effect of dosage and times of application of glyphosate on yield and qualitative in soybean RR. *Revista de Ciências Agrárias*, v.39, n.2, p.310-317, 2016. <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v39n2/v39n2a14.pdf>. 09 Jan. 2019
- Sherwani, S.I., Arif, I.A.; Khan, H.A. Modes of action of different classes of herbicides. In: Price, A., Kelton, J.; Sarunaite, L. (Eds.). *Herbicides, physiology of action, and safety*. London: InTech Publishers, 2015. p.165-186. <https://doi.org/10.5772/61779>.
- Silva, A.G. da; Neto, A.H.; Teixeira, I.R.; Costa, K.A.P. DA; Braccini, A.L. Seleção de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produção de grãos e palhada. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.5, p.2951-2964, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p2951>.
- Souza, F.L.G. Qualidade de sementes de soja convencional e transgênica em função da dessecação das plantas com glyphosate. São Paulo: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2013. 66 p. Dissertação de Mestrado. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/110942>. 08 Jan. 2019.
- Szareski, V.J.; Zanatta, E.; Koch, F.; Aisenberg, G.R.; Demari, G.H.; Kehl, K.; Pimentel, J.R.; Carvalho, I.R.; Nardino, M.; Trombeta, H.W.; Souza, V.Q.; Marinazzo, E.G.; Pedó, T.; Aumonde, T.Z. Pre-harvest desiccation and seed production in soybean crops. *International Journal of Current Research*, v.8, n.11, p.41534-41537, 2016. <http://www.journalcra.com/sites/default/files/issue-pdf/18108.pdf>. 08 Jan. 2019.
- Tarumoto, M.B.; Carvalho, F.T.; Arf, O.; Silva, P.H.F.; Pereira, J.C.; Bortolheiro, F. P.D.A.P. Dessecação em pré-colheita no potencial fisiológico de sementes e desenvolvimento inicial de trigo. *Cultura Agronômica*, v.24, n.4, p.369-380, 2015. <http://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2276/1749>. 26 Mar. 2018.
- Universidade Federal de Viçosa - UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação climatológica principal de Viçosa. Boletim meteorológico 2018. Viçosa: UFV, 2018. [http://www.posmet.ufv.br/?page\\_id=1253](http://www.posmet.ufv.br/?page_id=1253). 08 Mar. 2018.
- Vazquez, G.H.; Bertolin, D.C.; Spegiolin, C.N. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Revista Brasileira de Biociências*, v.9, n.1, p.18-24, 2011. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1504/993>. 15 Abr. 2018.
- Zhang, M.; Van Veldhuizen, R. Varieties and pre harvesting treatment for growing polish canola (*Brassica rapa* L.) in Interior Alaska. *Universal Journal of Agricultural Research*, v.4, n.5, p.211-216, 2016. <https://doi.org/10.13189/ujar.2016.040507>.