



Pesquisa Agropecuária Tropical

ISSN: 1517-6398

pat@agro.ufg.br

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Brasil

Kappes, Claudinei; Arf, Orivaldo; Ferreira, João Paulo; Portugal, José Roberto; Molnar
Alcalde, Andrews; Valentini Arf, Marcelo; Gonçalves Vilela, Rafael
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE
FEIJOEIRO, EM FUNÇÃO DE APLICAÇÕES DE PARAQUAT EM PRÉ-COLHEITA
Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 42, núm. 1, 2012, pp. 9-18
Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Goiânia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253023637006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE FEIJOEIRO, EM FUNÇÃO DE APLICAÇÕES DE PARAQUAT EM PRÉ-COLHEITA¹

Claudinei Kappes², Orivaldo Arf², João Paulo Ferreira², José Roberto Portugal²,
Andrews Molnar Alcalde², Marcelo Valentini Arf², Rafael Gonçalves Vilela²

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS AND
GROWTH OF BEAN SEEDLINGS IN RELATION TO
PRE-HARVEST PARAQUAT APPLICATIONS

The physiological quality of seeds and the growth of bean seedlings are influenced by the production environment and handling practices, such as the pre-harvest chemical desiccation. This study aimed to evaluate the physiological quality of seeds and growth of bean seedlings, after pre-harvest paraquat applications in different times and rates. A randomized blocks design, in a 4x4 (application time x herbicide rates) factorial scheme, was used, with four replications. The paraquat was applied at 30, 35, 40, and 45 days after flowering (DAF), in rates of 0 g ha⁻¹, 200 g ha⁻¹, 400 g ha⁻¹, and 600 g ha⁻¹. The results were submitted to variance analysis, the times compared by using the Tukey test and the rates by regression. The germination, accelerated aging of seeds, and total seedling length were not affected after the pre-harvest paraquat applications. However, the germination, after the cold test, and the seedling shoot length were affected by paraquat application times, presenting better results when the desiccant was applied at 30 DAF. The electrical conductivity of seeds decreased linearly in proportion to the increase of paraquat rates, and similar results were also observed for primary root length of seedling, with application at 30 DAF, and for first germination counting and germination speed index, with application at 45 DAF. The physiological quality of seeds and growth of seedlings were affected by pre-harvest paraquat application.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris* L.; herbicidal desiccation; germination; seeds vigor.

RESUMO

A qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de feijão são influenciados pelo ambiente de produção e por práticas de manejo, como a dessecação química, em pré-colheita. O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de feijão, após aplicações de paraquat, em diferentes épocas e doses, em pré-colheita. Utilizou-se delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x4 (épocas de aplicação x doses do herbicida), com quatro repetições. O paraquat foi aplicado aos 30, 35, 40 e 45 dias após o florescimento da cultura (DAF), nas doses de 0 g ha⁻¹, 200 g ha⁻¹, 400 g ha⁻¹ e 600 g ha⁻¹. Os resultados foram submetidos a análise de variância, sendo as épocas comparadas pelo teste Tukey e as doses por regressão. A germinação, o envelhecimento acelerado de sementes e o comprimento total de plântula não foram prejudicados, após as aplicações de paraquat em pré-colheita. Porém, a germinação, após o teste de frio, e o comprimento da parte aérea de plântula foram afetados pelas épocas de aplicações de paraquat, obtendo-se melhores resultados quando o dessecante foi aplicado aos 30 DAF. A condutividade elétrica de sementes diminuiu linearmente, à medida em que as doses de paraquat aumentaram, e resultado similar foi constatado, também, para o comprimento de raiz primária de plântula, com aplicação aos 30 DAF, e primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação, com aplicação aos 45 DAF. A qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas foram afetados pela aplicação de paraquat em pré-colheita.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L.; dessecação com herbicida; germinação; vigor de sementes.

INTRODUÇÃO

Uma das etapas mais importantes para o sucesso produtivo da cultura do feijoeiro é a obtenção de sementes de qualidade. Contudo, algumas características intrínsecas à planta, como maturação desuniforme e baixa altura de inserção das primeiras

vagens, podem contribuir para o aumento das perdas qualitativas de sementes.

Dentre os fatores que afetam a qualidade fisiológica e sanitária das sementes, destacam-se o momento da colheita e as condições do ambiente, durante o período em que as sementes permanecem no campo. Em vários trabalhos de pesquisa, foi en-

1. Trabalho recebido em fev./2011 e aceito para publicação em fev./2012 (nº registro: PAT 13096).

2. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/Unesp), Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mails: kappes.agro@gmail.com, arf@agr.feis.unesp.br, ferreirajpferreira@gmail.com, jr_portugal@hotmail.com, andrews_molnar@hotmail.com, marceloarf@hotmail.com, rafael.g.v@hotmail.com.

fatizada a perda da qualidade das sementes, quando as mesmas ficaram expostas a condições adversas de umidade e temperatura do ambiente, durante o processo de maturação, após o ponto de maturidade fisiológica e, também, no período de pré-colheita (Marcos Filho 1980, Marcos Filho et al. 1986, Lacerda et al. 2005, Kappes et al. 2009).

A qualidade fisiológica está relacionada à capacidade de a semente desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor. Portanto, os efeitos sobre a qualidade, geralmente, são traduzidos pelo decréscimo na percentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e redução do vigor das plântulas (Toledo et al. 2009).

O atraso na colheita torna as sementes suscetíveis à deterioração e à invasão de micro-organismos, notadamente fungos, devido à interferência de fatores do meio ambiente, como temperatura, umidade relativa do ar e precipitações, principalmente em áreas de semeadura escalonada e irrigadas por sistema de pivô central. Entretanto, adiantando-se a colheita, a haste estará verde e túrgida e, ao entrar no cilindro da colhedora, este material será misturado às sementes, causando a elevação do teor de água, o que pode gerar problemas futuros no armazenamento (Marchiori Júnior et al. 2002).

Dessa forma, todos os procedimentos que possam contribuir para a preservação da qualidade fisiológica das sementes são benéficos, com destaque para a antecipação da colheita, pela utilização de dessecantes.

A prática da dessecação é realizada com o uso de produtos químicos apropriados e resulta em rápida secagem de todas as partes da planta. Dentre os dessecantes disponíveis, o herbicida paraquat merece destaque, pois tem eficiência comprovada em várias culturas. O paraquat atua rapidamente nas plantas, por contato, causando toxicidade algumas horas após a aplicação e atingindo diretamente o sistema fotossintético da planta (Ekmekci & Terzioglu 2005). O mecanismo de ação dá-se por meio do bloqueio de elétrons da fotossíntese, impedindo a redução do NADP⁺ a NADPH₂. Desta forma, ocorre acúmulo de elétrons e radicais livres no cloroplasto, causando sérios danos ao metabolismo celular, como danos estruturais no DNA, proteínas, lipídios e pigmentos (Benavides et al. 2000). Estes radicais são instáveis e sofrem auto-oxidação, sendo produzidos radicais superóxidos, hidroxila e oxigênio singlete, os quais, por sua vez, são reativos aos lipídios das membra-

nas celulares, promovendo sua peroxidação. Com a degradação das membranas, há vazamento do suco celular e a morte do tecido (Vargas et al. 1999), ocasionando a dessecação das plantas, em curto espaço de tempo.

Diversos resultados têm sido obtidos, em relação à eficácia de dessecantes, quanto à redução do teor de água e preservação da qualidade de sementes de soja (Lacerda et al. 2003, Pelúzio et al. 2008, Kappes et al. 2009), com vantagens adicionais, como a possibilidade de planejamento da colheita, controle de plantas daninhas que prejudicam a colheita, redução dos danos oriundos de pragas e fungos que possam atacar a cultura no final do ciclo (Marcos Filho 2005) e uniformidade na maturação.

Na cultura do feijão, o emprego de dessecantes é assunto relativamente novo. Todavia, o interesse por esta prática vem aumentando gradativamente, em algumas regiões produtoras, com o objetivo de reduzir os inconvenientes causados à colheita (Santos et al. 2005). Além disto, alguns aspectos importantes devem ser considerados, quando se pretende utilizar dessecantes, tais como o modo de ação e dose do produto, as condições ambientais e o estágio fenológico em que a cultura se encontra no momento da aplicação, a eventual possibilidade de resíduos tóxicos no material colhido e a influência na germinação, vigor de sementes (Lacerda et al. 2005) e crescimento de plântulas. Dependendo da época e da dose em que o dessecante é aplicado, a qualidade fisiológica das sementes e a produtividade podem ser afetadas (Kappes et al. 2009).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de feijão, após a cultura ter recebido aplicações de paraquat em diferentes épocas e doses, em pré-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em duas etapas. A primeira foi realizada em condições de campo, no município de Selvíria (MS), em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista (20°20'S, 51°24'W e 340 m de altitude). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico (Embrapa 2006) e de textura argilosa. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.330 mm,

temperatura média anual de 25°C e umidade relativa do ar média anual de 66% (Centurion 1982).

O experimento foi instalado em área anteriormente cultivada com arroz de terras altas, em esquema de sucessão de culturas (arroz, feijão e arroz - cultura antecessora), em sistema convencional de manejo do solo, durante o outono/inverno. A cultivar utilizada foi a Carioca Precoce, de hábito de crescimento determinado (tipo I). As sementes foram tratadas com fungicida carboxina + tiram (60 + 60 g, para 100 kg de sementes, respectivamente) e a semeadura realizada mecanicamente no dia 07/05/2010, distribuindo-se 12 sementes por metro de sulco, a uma profundidade de 0,04 m, no espaçamento de 0,45 m entre as linhas. A emergência da maioria das plântulas ocorreu aos seis dias após a semeadura, estabelecendo-se população de 215.000 plantas ha⁻¹.

Na adubação mineral de semeadura, foram aplicados 260 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (+ 1% de Ca, 2% de S e 0,3% de Zn). Aos 20 dias após a emergência das plântulas, momento em que 50% das plantas apresentavam-se no estágio fenológico V₃₋₄ (Fernández et al. 1992), foi realizada adubação nitrogenada de cobertura, com 80 kg ha⁻¹ de N na fonte de sulfato de amônio. O fertilizante foi aplicado de forma manual e em superfície (sem incorporação). Em seguida, a área foi irrigada e o fornecimento de água para a cultura realizado por meio de sistema fixo de irrigação por aspersão. No manejo da irrigação, foram utilizados os valores de Kc recomendados por Doorenbos & Kassam (1979).

As plantas daninhas foram controladas em pós-emergência, utilizando-se os herbicidas fluazifop-p-butil + fomesafen (120 + 150 g ha⁻¹, respectivamente). A aplicação foi realizada quando a cultura encontrava-se no estágio de desenvolvimento V₃₋₄ e as plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento. O manejo dos principais insetos-praga e doenças foi realizado por meio de pulverizações com produtos registrados para a cultura e específicos para cada caso. O florescimento da cultura ocorreu aos 35 dias após a emergência das plântulas.

Foram testados dezesseis tratamentos, dispostos em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4 (épocas x doses do dessecante, respectivamente), com quatro repetições. O dessecante utilizado foi o paraquat (1,1'-dimetil-4,4-bipiridílio dicloreto, íon), nas seguintes doses: 0,0 g ha⁻¹ (testemunha, sem aplicação do dessecante), 200 g ha⁻¹, 400 g ha⁻¹ e 600 g ha⁻¹. As

aplicações foram realizadas a partir do estágio R₀, aos 30, 35, 40 e 45 dias após o florescimento (DAF), momento em que as sementes apresentavam-se com teor médio de água de 62%, 59%, 55% e 30%. A determinação do teor de água nas sementes foi realizada pelo método da estufa, a 105 ± 3°C, durante 24 horas (Brasil 2009). O dessecante foi aplicado com pulverizador costal pressurizado por CO₂, à pressão constante de 3 kgf cm⁻², munido de barra com pontas do tipo jato cone vazio (modelo TXA 8002 VK), espaçadas em 0,45 m. As aplicações foram realizadas no período da tarde e o volume aproximado de calda foi de 250 L ha⁻¹.

As parcelas constituíram-se por seis linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m. Logo após a colheita, realizada nas duas linhas centrais das parcelas (9,0 m²), deu-se início à segunda etapa do estudo, a qual foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/Unesp), em Ilha Solteira (SP).

A qualidade fisiológica das sementes e o crescimento de plântulas foram avaliados mediante os seguintes testes:

a) Teor de água nas sementes: determinado com quatro subamostras de 10 g de sementes por tratamento, utilizando-se o método da estufa, a 105 ± 3°C, por 24 horas (Brasil 2009);

b) Germinação: realizada com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, acondicionadas em rolos de papel-toalha tipo germitest, umedecidos com água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Os rolos foram acondicionados em germinador, regulado para manter temperatura constante de 25°C. As contagens foram realizadas no quinto e nono dias após a instalação do teste e os resultados expressos em percentagem de plântulas normais (Brasil 2009);

c) Primeira contagem de germinação: avaliada juntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais, no quinto dia após a instalação do teste (Brasil 2009);

d) Índice de velocidade de germinação (IVG): avaliado de forma conjunta com o teste de germinação. O cálculo do IVG foi realizado segundo a metodologia proposta por Maguire (1962). Assim, a primeira contagem e o IVG constituíram um indicativo do vigor das sementes, enquanto a contagem final, a sua viabilidade;

e) Envelhecimento acelerado: conduzido com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, estas foram distribuídas em camada única sobre tela de inox, fixadas no interior de caixas plásticas tipo gerbox (11,0 cm x 11,0 cm x 3,0 cm), contendo 40 mL de água destilada no fundo. As caixas foram tampadas e mantidas à temperatura de 42°C, por 72 horas, em câmara de germinação tipo BOD (modelo MA 403). Decorrido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (Brasil 2009), com avaliação do percentual de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste;

f) Teste de frio: realizado com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, as quais foram distribuídas em papel germitest previamente umedecido, da mesma maneira como efetuado para o teste de germinação (Brasil 2009). Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos, vedados com fita adesiva e mantidos em câmara incubadora BOD (modelo MA 415), regulada a 10°C, durante sete dias (Loeffler et al. 1985). Posteriormente, os rolos foram transferidos para o germinador, regulado à temperatura de 25°C, onde permaneceram por cinco dias, quando, então, realizou-se a contagem de plântulas normais (Brasil 2009);

g) Condutividade elétrica: avaliada segundo Vieira & Krzyzanowski (1999). Após a determinação da massa de quatro subamostras de 25 sementes por tratamento, em balança de precisão (0,001 g), estas foram submetidas a embebição, em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada. Os copos foram acondicionados em germinador, regulado à temperatura de 25°C, durante 24 horas. Após este período, as sementes foram agitadas suavemente e realizou-se a leitura da condutividade elétrica da solução de embebição, utilizando-se condutivímetro de bancada (modelo mCA-150). Foram calculadas as condutividades elétricas das soluções de embebição, com os valores expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes;

h) Comprimento da raiz primária, parte aérea e total de plântula: o substrato foi preparado da mesma maneira como descrito para o teste de germinação. Os rolos confeccionados foram mantidos na vertical, em germinador regulado à temperatura de 25°C, por cinco dias. Foram utilizadas quatro subamostras de 20 sementes por tratamento, entretanto, para a determinação do comprimento da raiz primária e da parte aérea, foram consideradas, aleatoriamente, 10 plântulas normais por subamostra. O comprimento total de plântula foi obtido pela somatória das medi-

das do comprimento da raiz primária com o da parte aérea, em cada repetição;

i) Biomassa fresca e seca de plântula: foram determinadas após a avaliação do teste de primeira contagem de germinação. Consideraram-se, aleatoriamente, quatro subamostras de 10 plântulas normais por tratamento, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,001 g). Os cotilédones foram removidos e a biomassa total obtida em cada subamostra foi dividida pelo número de plântulas utilizadas, obtendo-se a biomassa fresca média por plântula (em mg). Após tal determinação, os eixos embrionários foram acondicionados em sacos de papel e levados para secar em estufa com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de $80 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 24 horas. Em seguida, pesou-se novamente o material, obtendo-se a biomassa seca, com precisão de 0,001 g. A biomassa total obtida em cada subamostra foi dividida pelo número de eixos embrionários componentes, resultando na biomassa seca média por plântula (em mg).

A análise estatística dos resultados constou da análise de variância. As médias de épocas de aplicação, quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste Tukey, a 5%, de acordo com Gomes & Garcia (2002), enquanto as médias de doses foram avaliadas por meio de análise de regressão, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F. Na análise estatística, foi utilizado o *software* SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água nas sementes foi influenciado pelas épocas e doses de aplicação de paraquat e pela interação entre estes fatores (Tabela 1). Comparando-se as épocas de aplicações dentro de cada dose, constatou-se que a aplicação realizada aos 45 DAF propiciou menor teor de água nas sementes, em todas as doses testadas, com exceção do tratamento testemunha (Tabela 2). O teor de água nas sementes variou de 8,69% a 11,55%, fato importante para a condução dos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica (Vieira & Krzyzanowski 1999, Vieira et al. 2002), cujos resultados podem ser influenciados pelo teor de água inicial das sementes.

O incremento das doses de paraquat provocou aumento linear do teor de água nas sementes, quando a aplicação foi realizada aos 35 DAF (Tabela 2). Aos 45 DAF, o aumento das doses de paraquat proporcionou redução linear do teor de água, ao passo que,

Tabela 1. Valores de F e médias de teor de água nas sementes (TAS), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e teste de frio (TF) de sementes de feijoeiro de inverno, cultivar Carioca Precoce, em função de épocas e doses de aplicação de paraquat em pré-colheita (Selvira, MS, 2010).

Tratamentos	TAS	G	PCG	IVG	EA	TF
	%	%			%	
Épocas (E)						
30 DAF	10,35	96,00	83,00	9,03	76,00	78,00 a
35 DAF	9,86	95,00	85,00	9,07	78,00	76,00 ab
40 DAF	9,85	95,00	83,00	8,99	77,00	76,00 ab
45 DAF	9,27	94,00	80,00	8,81	76,00	73,00 b
Valor de F ⁽¹⁾	31,46**	0,83 ^{ns}	3,52*	2,75 ^{ns}	0,94 ^{ns}	7,04**
Doses (D)						
0 g ha ⁻¹	9,61	95,00	85,70	9,07	78,00	75,00
200 g ha ⁻¹	10,17	96,00	86,50	9,18	76,00	77,00
400 g ha ⁻¹	10,02	95,00	82,10	8,94	76,00	75,00
600 g ha ⁻¹	9,72	94,00	78,00	8,69	77,00	76,00
Valor de F ⁽¹⁾	18,17**	1,15 ^{ns}	14,57**	9,05**	1,43 ^{ns}	1,51 ^{ns}
Interação E x D						
Valor de F ⁽¹⁾	17,82**	1,82 ^{ns}	4,81**	4,55**	2,03 ^{ns}	1,13 ^{ns}
Média geral	9,83	95,00	83,00	8,75	77,00	76,00
CV (%)	3,21	3,32	4,91	3,12	3,68	3,93

Médias seguidas por letras iguais, na vertical, e sem letras não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. ⁽¹⁾ Teste F - **, * e ^{ns}: significativo a 1% e 5% e não significativo, respectivamente. DAF: dias após o florescimento.

Tabela 2. Teor de água nas sementes, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de feijoeiro de inverno, cultivar Carioca Precoce, em função de épocas e doses de aplicação de paraquat em pré-colheita (Selvira, MS, 2010).

Época de aplicação	Doses de paraquat (g ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	200	400	600		
———— Teor de água nas sementes (%) ————						
30 DAF	9,70 a	11,50 a	10,10 a	10,10 ab	y = 9,92 + 0,007x - 0,00001x ² **	0,44
35 DAF	9,50 a	10,00 b	10,20 a	10,50 a	y = 9,59 + 0,002x**	0,94
40 DAF	9,30 a	10,00 b	10,40 a	9,60 b	y = 9,31 + 0,006x - 0,00001x ² **	0,94
45 DAF	9,90 a	9,00 c	9,40 b	8,70 c	y = 9,75 - 0,002x**	0,65
———— Primeira contagem de germinação (%) ————						
30 DAF	83,00 b	89,00 a	82,00 a	78,00 ab	y = 83,8 + 0,026x - 0,00006x ² *	0,79
35 DAF	84,00 ab	89,00 a	82,00 a	85,00 a	não significativa	—
40 DAF	84,00 ab	88,00 a	85,00 a	76,00 b	y = 84,1 + 0,035x - 0,00008x ² **	0,99
45 DAF	91,00 a	79,00 b	79,00 a	72,00 b	y = 88,8 - 0,028x**	0,87
———— Índice de velocidade de germinação ————						
30 DAF	8,96 ab	9,37 a	8,95 a	8,85 a	não significativa	—
35 DAF	8,90 b	9,26 ab	8,98 a	9,13 a	não significativa	—
40 DAF	8,96 ab	9,29 ab	9,08 a	8,63 ab	y = 8,9 + 0,002x - 0,000005x ² **	0,98
45 DAF	9,48 a	8,81 b	8,76 a	8,17 b	y = 9,4 - 0,002x**	0,92

Médias seguidas por letras iguais, na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. Teste F - ** e *: significativo a 1% e 5%, respectivamente. DAF: dias após o florescimento.

nas aplicações realizadas aos 30 DAF e 40 DAF, observou-se comportamento quadrático, em que decréscimos em seus valores foram obtidos, a partir da aplicação de 345 g ha⁻¹ de paraquat, em ambas as

épocas avaliadas. De maneira geral, os resultados apresentaram-se relativamente baixos, provavelmente devido ao efeito do equilíbrio higroscópico com o ambiente, na época do ano em que o experimento foi

conduzido. Os teores obtidos apresentaram-se adequados à conservação de sementes de feijão, segundo Delouche et al. (1973), os quais recomendaram teor de água máximo de 12%, para sementes amiláceas.

O percentual de germinação e o envelhecimento acelerado de sementes não foram afetados pelas épocas e doses de aplicação de paraquat (Tabela 1). Efeitos de dessecantes não afetando a germinação de sementes de feijão foram obtidos, também, por Domingos et al. (2000) e Santos et al. (2004), trabalhando com cultivares do grupo Carioca. Variações na germinação de sementes, mediante o emprego de dessecantes, têm sido comuns para a cultura da soja (Batista & Barros 1980). Os efeitos negativos da utilização de dessecantes podem ser maiores depois de determinado tempo de armazenamento das sementes, quando estas têm o seu vigor diminuído. Neste experimento, as sementes não foram armazenadas, sendo todas as avaliações realizadas logo após a colheita. Todavia, as sementes apresentaram-se vigorosas, mantendo a capacidade de produzir plântulas normais e maior viabilidade, após serem submetidas a condições desfavoráveis de temperatura e umidade, perante o teste de envelhecimento acelerado.

A primeira contagem e o IVG foram afetados pela interação entre épocas e doses de paraquat (Tabela 1). Na análise do desdobramento, observou-se que, quando 200 g ha⁻¹ de paraquat foram aplicados aos 30, 35 e 40 DAF, as sementes apresentaram maior vigor, avaliado por meio da primeira contagem de germinação (Tabela 2). Na aplicação de 400 g ha⁻¹ de paraquat, não houve diferença entre as épocas de aplicação, porém, quando aplicados 600 g ha⁻¹ do dessecante, as sementes apresentaram maior vigor quando este foi aplicado aos 35 DAF, embora não tenha ocorrido diferença estatística com relação à aplicação realizada aos 30 DAF.

A obtenção de sementes vigorosas é de fundamental importância, pois o nível de vigor pode afetar o estabelecimento da cultura, o desenvolvimento das plantas, a uniformidade da lavoura e a sua produtividade (Carvalho & Nakagawa 2000). De maneira geral, o atraso na dessecação, ou seja, a aplicação realizada aos 45 DAF, proporcionou redução de vigor, provavelmente pelo maior período de tempo em que as sementes ficaram no campo, durante o processo de maturação fisiológica, na época de pré-colheita, expostas a condições adversas de umidade e temperatura, fato, este, também evidenciado por Lacerda et al. (2005). Porém, o efeito negativo do

atraso na colheita sobre o vigor das sementes não foi evidenciado, quando aplicados 400 g ha⁻¹ de paraquat. Com exceção da testemunha, os resultados confirmam os relatos encontrados na literatura de que o retardamento da colheita acarreta prejuízos no vigor da semente, podendo afetar, negativamente, a sua germinação (Lacerda et al. 2005).

O incremento das doses de paraquat provocou resposta quadrática do percentual de plântulas normais na primeira contagem de germinação, aos 30 DAF e 40 DAF (Tabela 2), evidenciando decréscimos em seus valores a partir da aplicação de 217 g ha⁻¹ de paraquat, em ambas as épocas de aplicação. Aos 45 DAF, observou-se redução linear do percentual de plântulas normais, quanto ao aumento das doses do dessecante, enquanto os dados obtidos aos 35 DAF não apresentaram ajustes significativos. Portanto, nas condições estudadas, ficou explícito que doses elevadas de paraquat promoveram redução no vigor das sementes de feijão.

Para as médias de IVG, houve diferença entre as épocas, quando foram aplicados 200 g ha⁻¹ e 600 g ha⁻¹ de paraquat, sendo que, para ambas as doses, as aplicações realizadas aos 30, 35 e 40 DAF favoreceram a rápida germinação das sementes (Tabela 2). Entretanto, as aplicações realizadas aos 35 DAF e 40 DAF não diferiram da última época, quando aplicados 200 g ha⁻¹ de paraquat. De modo similar, a aplicação de 600 g ha⁻¹ de paraquat, aos 40 DAF, não diferiu da última época. Apenas as médias obtidas aos 40 DAF e 45 DAF apresentaram ajustes significativos de equações de regressão. Ajuste quadrático das médias de IVG, em função das doses de paraquat, foi verificado aos 40 DAF, ocorrendo decréscimos em seus valores a partir da aplicação de 200 g ha⁻¹ de paraquat. Por outro lado, quando a aplicação de paraquat foi realizada aos 45 DAF, o IVG reduziu-se, de maneira linear, à medida em que aumentaram as doses do dessecante.

Para o percentual de plântulas normais, obtido após o teste de frio, observou-se apenas efeito de épocas de aplicação de paraquat (Tabela 1). Maior percentual de plântulas normais foi obtido quando o dessecante foi aplicado aos 30 DAF, embora não tenha se diferenciado em relação às aplicações aos 35 DAF e 40 DAF. De modo geral, o teste de frio apresentou menor percentual de plântulas normais, em relação ao teste de germinação.

O resultado médio geral obtido de 76% de plântulas normais revelou a baixa qualidade fisio-

lógica das sementes, perante o teste de frio, pois a capacidade de germinação de um lote de sementes, em condições de laboratório, deve ser superior a 80%, para a obtenção de um bom estande no campo (Marcos Filho 1980). Resultados semelhantes foram encontrados por Kappes et al. (2009), que, analisando o potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com 400 g ha⁻¹ de diquat e paraquat, em pré-colheita da cultura, no município de Santa Carmem, norte de Mato Grosso, verificaram baixa qualidade fisiológica das sementes, pelo teste de frio. Vieira et al. (1993) concluíram que, dentre os melhores testes para se detectar diferenças entre níveis de qualidade fisiológica de sementes de feijão, encontra-se o teste de frio.

A condutividade elétrica de sementes foi afetada, isoladamente, pelas épocas e doses de aplicação de paraquat (Tabela 3). Os dados de condutividade elétrica indicaram que, à medida que avançaram as épocas de aplicação, houve aumento nos valores dos mesmos, o que permite dizer que ocorreu formação e organização irregular das paredes celulares (maturação fisiológica), pois o sistema de membranas celulares é a última estrutura a organizar-se antes da maturidade fisiológica e a primeira a exibir as alterações degenerativas que caracterizam a deterioração das sementes (Lacerda et al. 2003).

Sementes com baixo vigor tendem a apresentar desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo aumento na lixiviação de solutos, como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas e substâncias fenólicas e íons inorgânicos, como K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e Na⁺⁺ (Bewley & Black 1994). Deste modo, maior alteração degenerativa das sementes foi verificada quando a cultura foi dessecada aos 45 DAF, apesar de não ter sido verificada diferença em relação à aplicação aos 40 DAF. Portanto, pode-se inferir, ainda, que a condutividade elétrica apresentou certa relação com o teste da primeira contagem, em que a aplicação de 200 g ha⁻¹ e 600 g ha⁻¹ de paraquat, aos 45 DAF, proporcionou menor percentagem de plântulas normais (Tabela 2), ou seja, menor vigor. Resultados semelhantes foram encontrados por Colete et al. (2007), quando trabalharam com sementes de soja e verificaram que maiores valores de lixiviação de solutos corresponderam às menores percentagens de plântulas normais.

O aumento nas doses de paraquat reduziu, linearmente, a condutividade elétrica das sementes (Tabela 3). Na ausência da aplicação de paraquat, obteve-se maior valor de condutividade elétrica de sementes, as quais foram, portanto, consideradas menos vigorosas. Tais resultados discordam dos dados

Tabela 3. Valores de F e médias de condutividade elétrica de sementes (CES), comprimento de raiz primária (CRP), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento total de plântula (CTP), biomassa fresca de plântula (BFP) e biomassa seca de plântula (BSP) de feijoeiro de inverno, cultivar Carioca Precocoe, em função de épocas e doses de aplicação de paraquat em pré-colheita (Selvíria, MS, 2010).

Tratamentos	CES	CRP	CPA	CTP	BFP	BSP
	$\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	cm	cm	cm	mg plântula ⁻¹	mg plântula ⁻¹
<i>Épocas - E</i>						
30 DAF	57,10 b	11,80	8,70 a	20,60	405,90	44,50
35 DAF	60,40 b	11,70	8,50 ab	20,20	385,40	43,10
40 DAF	64,50 ab	12,10	8,50 ab	20,60	411,70	48,30
45 DAF	69,20 a	12,40	8,10 b	20,50	415,50	48,80
Valor de F ⁽¹⁾	6,34**	1,26 ^{ns}	3,41*	0,35 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,45 ^{ns}
<i>Doses - D</i>						
0 g ha ⁻¹	72,10 ⁽²⁾	12,30	8,46	20,80	413,20	46,70
200 g ha ⁻¹	63,20	12,10	8,75	20,80	454,00	46,30
400 g ha ⁻¹	58,70	11,90	8,36	20,30	403,00	46,00
600 g ha ⁻¹	57,30	11,70	8,37	20,10	348,40	45,70
Valor de F ⁽¹⁾	10,26**	0,87 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,26 ^{ns}	16,77**	3,64*
<i>Interação E x D</i>						
Valor de F ⁽¹⁾	1,02 ^{ns}	3,07**	1,67 ^{ns}	1,41 ^{ns}	11,19**	2,27*
Média geral	62,80	12,00	8,50	20,50	404,60	46,20
CV (%)	13,27	8,29	6,40	5,98	10,49	20,31

Médias seguidas por letras iguais, na vertical, e sem letras não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. ⁽¹⁾ Teste F - **, * e ^{ns}: significativo a 1% e 5% e não significativo, respectivamente. ⁽²⁾ y = 70,16 - 0,024x**, R² = 0,89. DAF: dias após o florescimento.

obtidos por Kappes et al. (2009), ao verificarem que sementes de soja oriundas do tratamento testemunha foram as que apresentaram menores valores de condutividade, sendo, porém, ainda caracterizadas como de baixa qualidade fisiológica, conforme os valores sugeridos por Vieira (1994).

Lacerda et al. (2005) não constataram efeito dos dessecantes paraquat (400 g ha^{-1}), diquat (300 g ha^{-1}) e paraquat + diquat ($200 + 150 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente), do tratamento testemunha e épocas de aplicação, na cultura da soja (aplicações com intervalos de cinco dias, após o início do estágio R_6 - 100% de granação), porém, concluíram que os valores médios de condutividade de $140,6 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ foram caracterizados como de baixa qualidade fisiológica. No presente estudo, pôde-se concluir que os valores de condutividade elétrica média de $62,8 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ são caracterizados como de boa qualidade fisiológica, pois, em condições ambientais favoráveis de temperatura e umidade do solo, lotes com condutividade de até $100\text{-}110 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ apresentaram desempenho satisfatório em campo (Paiva-Aguero et al. 1997).

O comprimento de raiz primária de plântula foi afetado pela interação entre épocas e doses de paraquat (Tabela 3). A aplicação de 200 g ha^{-1} de paraquat, aos 45 DAF, favoreceu o desenvolvimento inicial da radícula, apesar de não ter sido verificada diferença significativa, em relação às aplicações realizadas aos

30 DAF e 40 DAF (Tabela 4). Quando 400 g ha^{-1} e 600 g ha^{-1} de paraquat foram aplicados, não houve diferença entre as épocas. Apenas os dados obtidos com a aplicação aos 30 DAF apresentaram ajuste significativo, perante a análise de regressão, em que o incremento das doses de paraquat reduziu, de forma linear, o comprimento de raiz primária.

De maneira similar ao evidenciado com o teste de frio, o comprimento da parte aérea de plântula foi prejudicado somente pelas épocas de aplicação de paraquat (Tabela 3). A aplicação aos 30 DAF proporcionou a obtenção de plântulas com maior tamanho de parte aérea, embora tal superioridade não tenha sido estatisticamente diferente, em comparação às aplicações aos 35 DAF e 40 DAF. Por sua vez, quando avaliado o comprimento total de plântula, não se verificou efeito de épocas e doses de aplicação de paraquat. Entretanto, no trabalho conduzido por Daltro et al. (2010), objetivando verificar os efeitos de dessecantes (paraquat, diquat, paraquat + diquat, paraquat + diuron e glifosato) aplicados em pré-colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, foi constatada interação entre dessecante e época de aplicação, para o comprimento médio de plântula.

A biomassa fresca e seca de plântula foram afetadas pela interação entre épocas de aplicação e doses de paraquat (Tabela 3). Na análise do desdobramento dos dados de biomassa fresca, verificou-se

Tabela 4. Comprimento de raiz primária, biomassa fresca e seca de plântula de feijoeiro de inverno, cultivar Carioca Precoce, em função de épocas e doses de aplicação de paraquat em pré-colheita (Selvíria, MS, 2010).

Época de aplicação	Doses de paraquat (g ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	200	400	600		
———— Comprimento de raiz primária (cm) ————						
30 DAF	13,4 a	12,1 ab	11,3 a	10,6 a	y = 13,26 - 0,005x**	0,98
35 DAF	11,2 b	10,9 b	12,7 a	12,2 a	não significativa	—
40 DAF	11,9 ab	12,3 ab	12,1 a	12,1 a	não significativa	—
45 DAF	12,7 ab	12,9 a	11,6 a	12,2 a	não significativa	—
———— Biomassa fresca (mg plântula ⁻¹) ————						
30 DAF	414,7 a	461,5 a	415,2 ab	332,2ab	y = 417,5 + 0,339x – 0,001x ² **	0,98
35 DAF	395,7 a	534,5 a	353,2 b	258,2 b	y = 416,0 + 0,579x – 0,001x ² **	0,79
40 DAF	341,2 a	460,7 a	448,0 a	397,0 a	y = 345,9 + 0,717x – 0,001x ² **	0,95
45 DAF	411,0 a	457,2 a	387,6 a	406,2 a	não significativa	—
———— Biomassa seca (mg plântula ⁻¹) ————						
30 DAF	44,4 a	52,2 a	43,3 b	38,1 a	não significativa	—
35 DAF	41,2 a	53,8 a	42,1 b	35,6 a	y = 42,67 + 0,057x – 0,0001x ² *	0,76
40 DAF	36,7 a	46,9 a	63,0 a	46,7 a	y = 34,78 + 0,122x – 0,0002x ² **	0,80
45 DAF	50,2 a	44,5 a	54,2 ab	46,4 a	não significativa	—

Médias seguidas por letras iguais, na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. Teste F - ** e *: significativo a 1% e 5%, respectivamente. DAF: dias após o florescimento.

diferença entre as médias de épocas de aplicação apenas nas doses de 400 g ha⁻¹ e 600 g ha⁻¹ de paraquat (Tabela 4). Para ambas as doses, maior biomassa fresca de plântula foi obtida com as aplicações realizadas aos 40 DAF e 45 DAF, embora não tenham se diferenciado da aplicação aos 30 DAF. O incremento nas doses de paraquat proporcionou resposta quadrática da biomassa fresca de plântula, quando o dessecante foi aplicado aos 30, 35 e 40 DAF, constatando-se decréscimos em seus valores a partir da aplicação de 170 g ha⁻¹, 290 g ha⁻¹ e 358 g ha⁻¹ de paraquat, respectivamente.

Com relação à biomassa seca de plântula, houve diferença entre as médias de épocas de aplicação somente para a dose de 400 g ha⁻¹ de paraquat (Tabela 4), obtendo-se plântulas com maior acúmulo de massa seca com a dessecação realizada aos 40 DAF, apesar de não ter sido constatada diferença, quando comparada com a aplicação aos 45 DAF. No efeito de regressão, houve comportamento quadrático dos dados de biomassa seca de plântula, em função de doses de paraquat, aos 35 DAF e 40 DAF, ocorrendo decréscimos em seus valores a partir da aplicação de 285 g ha⁻¹ e 305 g ha⁻¹ de paraquat, respectivamente.

A aplicação de doses elevadas de paraquat, de maneira geral, comprometeu a qualidade fisiológica das sementes e o crescimento de plântulas de feijão, demonstrando a importância da determinação e conhecimento deste fator. Desse modo, os resultados desta pesquisa demonstram os danos causados às sementes de feijão provenientes de plantas dessecadas em pré-colheita com paraquat, prática que vem sendo difundida entre os produtores. Portanto, somente se recomenda a aplicação de paraquat em pré-colheita do feijão, cultivar Carioca Precoce, quando a lavoura apresentar maturação desuniforme e/ou infestação por plantas daninhas, nesta ocasião, devendo-se atentar para a época e dose de aplicação do dessecante.

CONCLUSÕES

1. A qualidade fisiológica de sementes, o crescimento e o acúmulo de biomassa das plântulas de feijão foram afetados pela aplicação de paraquat em pré-colheita.
2. Não se recomenda a aplicação de paraquat em pré-colheita da cultura, a menos que a lavoura apresente maturação desuniforme e presença de plantas daninhas, nesta ocasião.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, O. C.; BARROS, A. C. S. A. Efeitos de dessecantes na natureza e na qualidade de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill). *Tecnologia de Sementes*, Brasília, DF, v. 3, n. 2, p. 19-25, 1980.
- BENAVIDES, M. P. et al. Relationship between polyamines and paraquat toxicity in sunflower leaf discs. *Plant Growth Regulation*, Berlin, v. 31, n. 3, p. 215-224, 2000.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994.
- BRASIL. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. *Científica*, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.
- COLETE, J. C. F. et al. Condutividade elétrica da solução de embebição de sementes e emergência de plântulas de soja. *Científica*, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 10-16, 2007.
- DALTRO, E. M. F. et al. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 111-122, 2010.
- DELOUCHE, J. C. et al. Storage of seeds in tropical and sub-tropical regions. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 1, n. 2, p. 671-700, 1973.
- DOMINGOS, M.; SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Qualidade da semente de feijão armazenada após dessecação química das plantas, em quatro estádios de aplicação. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 4, p. 1143-1148, 2000.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma: FAO, 1979. (Riego y drenage, 33).
- EKMEKCI, Y.; TERZIOGLU, S. Effects of oxidative stress induced by paraquat on wild and cultivated wheats. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, v. 83, n. 2, p. 69-81, 2005.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, B. N. Etapas de desenvolvimento da planta de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. *A cultura do feijão em Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 1992. p. 53-73.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002.
- KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2009.
- LACERDA, A. L. S. et al. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 97-105, 2003.
- LACERDA, A. L. S. et al. Efeitos da dessecação de plantas de soja no potencial fisiológico e sanitário das sementes. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 3, p. 447-457, 2005.
- LOEFFLER, T. M.; MEYER, J. L.; BURRIS, J. S. Comparison of two test procedures for use in maize drying studies. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 13, n. 4, p. 653-658, 1985.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCHIORI JÚNIOR, O. et al. Qualidade e produtividade de sementes de canola (*Brassica napus*) após aplicação de dessecantes em pré-colheita. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 253-261, 2002.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005.
- MARCOS FILHO, J. Maturidade fisiológica de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 15, n. 4, p. 447-460, 1980.
- MARCOS FILHO, J. et al. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v. 43, n. 2, p. 389-443, 1986.
- PAIVA-AGUERO, J. A.; VIEIRA, R. D.; BITTENCOURT, S. R. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p. 225-260, 1997.
- PELÚZIO, J. M. et al. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do Estado do Tocantins. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 77-82, 2008.
- SANTOS, J. B. et al. Efeitos da dessecação de plantas de feijão sobre a qualidade de sementes armazenadas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 645-651, 2005.
- SANTOS, J. B. et al. Qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) após aplicação do carfentrazone-ethyl em pré-colheita. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 633-639, 2004.
- TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.
- VARGAS, L. et al. *Resistência de plantas daninhas a herbicidas*. Viçosa: Jard Produções Gráficas, 1999.
- VIEIRA, E. R. et al. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, Lavras, v. 17, n. 1, p. 10-15, 1993.
- VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: Funep/Unesp, 1994. p. 103-132.
- VIEIRA, R. D.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-26.
- VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.