

Qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica RR produzidas sob aplicação foliar de manganês

Everson Reis Carvalho (*); João Almir Oliveira; Carla Massimo Caldeira

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura, Setor de Sementes, Caixa Postal 3037, 37200-000 Lavras (MG), Brasil.

(* Autor correspondente: eversonreiscarvalho@gmail.com)

Recebido: 24/mar./2014; Aceito: 12/maio/2014

Resumo

Sementes de soja com alta qualidade fisiológica são essenciais à obtenção de produtividade elevada e um dos fatores que afetam a produção de sementes é a nutrição mineral. O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de manganês, em diferentes doses e estádios de aplicação, na qualidade fisiológica de sementes de soja, em cultivares convencionais e em suas derivadas transgênicas RR, com distintos teores de lignina do tegumento. O ensaio foi conduzido em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4 x 4 x 2, sendo quatro cultivares de soja, duas convencionais e suas derivadas transgênicas RR (BRS Celeste e BRS Baliza RR; BRSGO Jataí e BRS Silvânia RR), quatro doses de Mn via foliar (0; 200; 400 e 600 g Mn ha⁻¹) e dois estádios de aplicação (R₁ e R₃). A qualidade fisiológica das sementes foi estimada, antes e após seis meses de armazenamento, por meio dos testes: Germinação, Envelhecimento acelerado, Emergência de plântulas, Condutividade elétrica e Tetrazólio (Viabilidade, vigor e danos mecânicos). Realizou-se também a quantificação de lignina no tegumento das sementes. A aplicação foliar de Mn proporciona incrementos na qualidade fisiológica nas sementes de soja produzidas. Sementes das cultivares de soja Celeste e Baliza RR apresentam melhor qualidade fisiológica quando comparadas às de Jataí e Silvânia RR. Sementes de cultivares de soja com maior teor de lignina no tegumento não apresentam necessariamente melhor qualidade fisiológica, sendo a qualidade das sementes relacionada a outros fatores intrínsecos ao genótipo.

Palavras-chave: *Glycine max*, micronutrientes, soja Roundup Ready, vigor.

Physiological quality of seeds in conventional and glyphosate-resistant soybean produced by foliar application of manganese

Abstract

Soybean seeds with high physiological quality are essential to achieve high yields, one of the factors affecting seed production is mineral nutrition. The aim of this study was to evaluate the effect of foliar application of manganese, with different doses and stages of application, on the physiological quality of soybean seeds in conventional cultivars and GR descendants with different lignin content in the seed coat. The experiment was conducted in randomized blocks with three replications and a 4 x 4 x 2 factorial arrangement consisting of four soybean cultivars, two conventional and their GR descendants (BRS Celeste and BRS Baliza RR; BRSGO Jataí and BRS Silvânia RR), four doses of Mn via foliar application (0; 200; 400 and 600 g Mn ha⁻¹) and two stages of application (R₁ and R₃). Before and after six months of storage, the physiological quality of seeds was estimated by testing: germination, accelerated aging, seedling emergence, electrical conductivity and tetrazolium (Viability, vigor and mechanical damage). Lignin contents were determined in the seed coats. The foliar application of Mn provides increased physiological quality in soybean seeds produced. Seeds of the soybean cultivars Celeste and Baliza RR have better physiological quality when compared with Jataí and Silvânia RR. Seeds of soybean cultivars with higher lignin content in the seed coat do not necessarily have better physiological quality, thus seed quality is related to other factors intrinsic to the genotype.

Key words: *Glycine max*, micronutrients, Roundup Ready soybean, vigor.

1. INTRODUÇÃO

Um fator limitante à obtenção de altas produtividades é a qualidade das sementes de soja utilizadas. Scheeren et al. (2010) verificaram que a produtividade dos lotes de sementes de alto vigor pode ser 9% superior à dos de sementes de baixo vigor.

Apesar da importância da nutrição mineral no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes, estudos nesse contexto são escassos. A recomendação de fertilizantes para a implantação de culturas destinadas à produção de sementes é geralmente semelhante àquela

utilizada para a produção de grãos (Carvalho e Nakagawa, 2000). Na maioria das vezes essas recomendações enfatizam o efeito da nutrição mineral sobre a produtividade, não correlacionando à qualidade das sementes. Mondo et al. (2012) realizaram amostragens de solo e sementes em pontos georreferenciados, para análise da fertilidade do solo e potencial fisiológico de sementes de soja, e concluíram que a correlação entre esses fatores é relevante para a tecnologia de produção de sementes.

Dentre os nutrientes, o manganês (Mn) é importante, pois está associado à síntese de clorofila e à ativação enzimática, dentre elas as enzimas relacionadas à formação da lignina presente na parede celular (Malavolta, 2006), composto esse que pode influenciar a impermeabilidade e resistência do tegumento (Capeleti et al., 2005). Os resultados são ainda discrepantes quanto à ação do Mn na qualidade de sementes de soja, porém vale ressaltar que o número de trabalhos é limitado.

Avaliando a influência de diferentes fontes e modos de aplicação de Mn, via solo e foliar (V_4 e R_1), sobre a produção de sementes de soja, Melarato et al. (2002) concluíram que a aplicação de Mn exerceu influência positiva sobre a massa das sementes de soja e que o estado nutricional das plantas, em relação ao Mn, não influenciou o potencial fisiológico das sementes. Já Mann et al. (2002), no intuito de avaliar a influência da aplicação de Mn na folha (V_4 , V_8 e V_{10}) e no solo sobre o rendimento e a qualidade de sementes de soja, verificaram aumentos na produtividade, germinação, vigor, teores de proteína e óleo das sementes e no teor de Mn na planta, nas duas formas de aplicação do Mn, com maior grau de eficiência da aplicação foliar.

Paralelamente a isso se tem levantado a hipótese de que sementes de cultivares de soja transgênicas RR (Roundup Ready®, evento GTS 40-3-2) possuem teores de lignina superiores às convencionais (Gris et al., 2010). Fato esse que pode afetar a resistência aos danos mecânicos e à qualidade fisiológica das sementes de soja, visto as relações dessas com o teor de lignina no tegumento das sementes, conforme relatado por Capeleti et al. (2005), Panobianco et al. (1999) e Santos et al. (2007). Existem também relatos de que as plantas de soja transgênica RR poderiam ser menos eficientes no acúmulo de Mn do que as convencionais e que por isso seriam mais responsivas à utilização desse micronutriente (Gordon, 2007), porém os resultados são ainda contrastantes e inconclusivos quanto à produtividade (Andrade e Rosolem, 2011; Basso et al., 2011; Loecker et al., 2010; Zobiolo et al., 2010). Quanto à qualidade fisiológica de sementes existe a necessidade de pesquisas complementares frente à escassez de pesquisas nesse sentido, como a de Carvalho et al. (2012), que trabalharam com as cultivares CD 206 e CD 206 RR e verificaram que as sementes de soja convencional apresentaram potencial fisiológico superior em relação às da sua derivada RR. Vale salientar que utilizaram somente um par de convencional e RR para tal observação.

Diante do exposto, o objetivo nesta pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação foliar de manganês, em diferentes doses e estádios de aplicação, na qualidade fisiológica de sementes de soja, em cultivares convencionais e em suas derivadas transgênicas RR, com distintos teores de lignina do tegumento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Lavras, localizada na Região Sul de Minas Gerais, latitude $21^{\circ}14'S$, longitude $45^{\circ}00'W$ Gr. e 918 m de altitude. O clima, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com maior precipitação em dezembro e janeiro, quando a média mensal pode chegar a 321 mm. A precipitação média anual é de 1.460 mm (Dantas et al., 2007). Na área experimental (Latosolo Vermelho distroférrico), por meio da análise química do solo (0,00-0,20 m de profundidade) foi verificado pH em H_2O 5,4 e teor de Mn $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$ (Mehlich 1), valor esse classificado como baixo, uma vez que o nível crítico considerado por Ribeiro et al. (1999) é $8,0 \text{ mg dm}^{-3}$. O preparo do solo foi constituído de uma aração e uma gradagem. Para abertura dos sulcos de semeadura utilizou-se tração mecanizada. A adubação foi realizada no sulco com 400 kg ha^{-1} do fertilizante formulado NPK 04-30-10 (Ribeiro et al., 1999).

As cultivares de soja utilizadas foram duas convencionais e suas derivadas transgênicas (RR) tolerantes ao herbicida glifosato, sendo os pares de cultivares: BRS Celeste e BRS Baliza RR, BRSGO Jataí e BRS Silvânia RR. As sementes foram tratadas com o fungicida formulado Carbendazin + Thiram e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (inoculante turfoso na proporção de 1,2 milhão de bactérias por semente). A semeadura foi realizada na primeira quinzena de novembro e o desbaste, aos 15 dias após emergência das plântulas, mantendo-se 15 plantas por metro, 300 mil plantas por hectare. Foram utilizadas quatro linhas de semeadura, com cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,5 m, sendo as duas externas tidas como bordadura e as duas centrais como área útil, desconsiderando 0,5 m em cada extremidade. No controle de plantas invasoras não foi utilizado o herbicida glifosato, foi aplicado somente fluzifope-P-butílico + fomesafem. Os controles das doenças e pragas foram realizados uniformemente em todas as parcelas, sendo utilizados os fungicidas Azoxistrobina + Ciproconazol e Tiofanato-metilico e os inseticidas Gama-cialotrina e Beta-ciflutrina + Imidacloprido.

Nas aplicações de Mn via foliar foram utilizadas quatro doses: 0; 200; 400 e 600 g Mn ha^{-1} , em aplicação única, juntamente com adjuvante vegetal. A fonte de Mn utilizada foi um produto comercial com garantia de Mn solúvel em água de $137,50 \text{ g L}^{-1}$. Para a dose 0 g Mn ha^{-1} foi aplicado

somente água e adjuvante vegetal, para todas as cultivares e estádios de aplicação. Realizou-se a aplicação do Mn via foliar quando as plantas estavam no estádio de desenvolvimento R₁, início do florescimento, e R₃, início da formação da vagem (Fehr et al., 1971). Utilizou-se pulverizador costal de pressão constante por CO₂ (2,8 kgf cm⁻²) e consumo de calda de 200 L ha⁻¹. Durante a aplicação, a parcela foi envolvida com biombo de lona plástica.

Com as plantas entre R₇, maturidade fisiológica, e R₈, maturação plena, a colheita foi realizada manualmente. A secagem se deu de forma natural (ao sol), até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13% (b.u.). A debulha foi realizada por meio de trilhadora mecânica estacionária de parcelas (sistema de trilha constituído por cilindro e côncavo). Para as análises e determinações foram utilizadas sementes retidas nas peneiras de crivo circular 5,5 e 6 mm. Uma porção das sementes foi separada para a análise inicial da qualidade fisiológica e as restantes foram acondicionadas em embalagens de papel multifoliado, com capacidade de 5 kg, e armazenadas em armazém convencional (condições não controladas) por seis meses, entre junho e novembro (temperatura média: 19,1 °C; umidade relativa do ar média: 65,4%).

Para avaliação da qualidade antes e após o armazenamento, as sementes foram submetidas aos seguintes testes: **Germinação**, conforme Brasil (2009) e avaliação realizada aos cinco dias após a semeadura; **Envelhecimento acelerado**, com o uso de caixas plásticas tipo gerbox adaptadas com tela de alumínio suspensa – em cada gerbox foram adicionados 40 mL de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela, em seguida foram mantidas em câmara tipo BOD a 41 °C por 48 horas (Marcos Filho, 1999) – após este período, as sementes foram submetidas ao Teste de germinação; **Emergência de plântulas**: a semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo como substrato solo + areia, na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção – as bandejas foram mantidas em câmara à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, com avaliações diárias quanto à emergência de plântulas normais e contagem final aos 14 dias após a semeadura – considerou-se a porcentagem final de emergência (%E) e o índice de velocidade de emergência, IVE (Maguire, 1962); **Condutividade elétrica**: foi realizada de acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999), com auxílio de um condutímetro Digimed CD-21 e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$; **Tetrazólio**: as sementes foram colocadas entre papel úmido por 16 h a 25 °C e em seguida imersas em solução de tetrazólio (Cloreto 2, 3, 5 trifênil tetrazólio) a 0,075%, na qual as sementes permaneceram por 3 h a 40 °C, em ausência de luz – o resultado foi expresso pela porcentagem de viabilidade, vigor e danos mecânicos (verificados nos níveis 1 a 8), conforme França Neto et al. (1998). De forma complementar, realizou-se a quantificação de lignina no tegumento das sementes de acordo com a metodologia de Capeleti et al. (2005), com modificações.

Em laboratório, para todos os testes foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes para cada bloco.

O delineamento experimental utilizado no campo foi blocos casualizados (DBC), com três blocos. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4 x 4 x 2, envolvendo quatro cultivares de soja, quatro doses de Mn via foliar e dois estádios de aplicação. As análises estatísticas foram realizadas separadamente para a qualidade fisiológica antes e após o armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do *software* Sisvar[®] (Ferreira, 2011), a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). Quando a variável resposta apresentou significância (Teste F), as médias foram comparadas utilizando-se Scott-Knott, a 5%, ou foram realizadas análises de regressões polinomiais, com a escolha de modelos matemáticos significativos a 5%, com maior coeficiente de determinação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à qualidade fisiológica antes do armazenamento, pelos resultados da análise de variância, verificou-se que as cultivares diferiram quanto a germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência e danos mecânicos. Em relação às doses houve diferença estatística para germinação, viabilidade, vigor e danos mecânicos, já para a fonte de variação estádio de aplicação do Mn houve diferença significativa somente para viabilidade. Para as interações, houve efeito significativo cultivar*dose*estádio para índice de velocidade de emergência e cultivar*dose para condutividade elétrica e incidência de danos mecânicos.

Para a qualidade após o armazenamento, em relação à fonte de variação cultivar houve efeito significativo para germinação, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica. Para o fator doses houve diferença significativa apenas para germinação, já para estádio de aplicação não houve significância em nenhuma variável analisada. As interações cultivar*estádio e dose*estádio foram significativas para germinação, e a cultivar*estádio, para condutividade elétrica.

Germinação

Antes do armazenamento, quanto à porcentagem de germinação, as sementes da cultivar Baliza RR, com média 93%, foram superiores às demais, as quais não diferiram entre si, com os valores 90%, 90% e 89% para Celeste, Jataí e Silvânia RR, respectivamente. Gris et al. (2010) constataram que as sementes das cultivares Celeste (95%) e Baliza RR (91%) apresentaram porcentagens de germinação superiores às obtidas por Silvânia RR (82%) e Jataí (76%).

Em relação às doses observou-se efeito quadrático (Figura 1a). Com a utilização da dose 0 g Mn ha⁻¹, a germinação foi 88,61%, mas com o aumento das doses houve incremento na germinação das sementes de soja produzidas, até a dose 335 g Mn ha⁻¹, com a qual o valor máximo foi atingido (91,97%), o que ressalta a importância da nutrição mineral com Mn para obtenção de sementes de alta qualidade. Mann et al. (2002) verificaram aumentos na germinação nas duas formas de aplicação do Mn, solo e foliar, com maior grau de eficiência da aplicação nas folhas, porém o mesmo não foi observado por Melarato et al. (2002). Já Mondo et al. (2012) constataram correlação negativa entre teor de Mn no solo e a germinação das sementes de soja produzidas.

A partir da dose 335 g Mn ha⁻¹ verificou-se efeito negativo da utilização do Mn foliar (Figura 1a), possivelmente relacionado ao efeito fitotóxico provocado pelo micronutriente nas dosagens mais elevadas.

Quanto à germinação após o armazenamento, em relação à interação cultivar*estádio, com a aplicação do Mn foliar no estágio R₃ as sementes das cultivares Celeste e Baliza RR, com médias de germinação 86% e 84%, respectivamente, foram superiores à Jataí (82%) e Silvânia RR (80%). Com a aplicação no estágio R₁, o resultado verificado foi semelhante, com Celeste (88%) e Baliza RR (86%) com médias maiores em relação às demais, Silvânia RR (80%) e Jataí (75%), que diferiram entre si. O que se alinha, em parte, ao observado antes do armazenamento: que a cultivar Baliza RR apresentou média superior às demais. Entre os estádios de aplicação do Mn em cada uma das cultivares de soja, a única diferença detectada foi na cultivar Jataí, com média superior para a aplicação realizada em R₃, com 82%, em relação a R₁, com 75%.

Por meio dos resultados da interação dose*estádio (Figura 1b), verificou-se efeito linear das doses de Mn foliar quando aplicadas em R₁ e quadrático quando aplicadas em R₃, sobre a germinação das sementes. Quando o Mn foliar foi

aplicado no estágio R₁, a germinação média sem a utilização do micronutriente foi 79%, ao passo que com a aplicação do Mn foliar o percentual de germinação aumentou de forma linear, atingindo 86% com 600 g Mn ha⁻¹ (Figura 1b), ratificando a influência do Mn no aumento da germinação das sementes de soja. Em relação à aplicação no estágio R₃, na dose 0 g Mn ha⁻¹ o valor médio foi 79%, mas em sementes produzidas com a utilização do Mn, a germinação foi maior, alcançando 86% e 87% quando foram aplicadas as doses 200 e 300 g Mn ha⁻¹, respectivamente, sendo o valor máximo, 87,5%, proporcionado pela dose 323,94 g Mn ha⁻¹ – a partir dessa dose os efeitos foram decrescentes (Figura 1b).

Uma possibilidade para o comportamento diferencial entre R₁, início do florescimento, e R₃, início da formação da vagem, seria o intervalo entre os estádios de aplicação do Mn foliar e o acúmulo de reservas nas sementes. A aplicação em R₃ é mais próxima ao enchimento das sementes, por isso uma quantidade maior do micronutriente possivelmente translocou-se até as sementes, sendo que até a dose 323,94 g Mn ha⁻¹ o efeito foi positivo na germinação e, a partir dela, negativo (Figura 1b). Provavelmente pelo efeito fitotóxico promovido pelo maior acúmulo nas doses mais altas. Porém com a aplicação em R₁ o efeito foi linear, obtendo-se incrementos na germinação mesmo com doses mais elevadas.

Em relação aos estádios de aplicação em função das doses de Mn foliar, as diferenças significativas foram com as doses 200 e 600 g Mn ha⁻¹. Com 200 g Mn ha⁻¹, a germinação média observada em R₃, 87%, foi superior à verificada em R₁, 81%. Porém essa situação se inverteu com 600 g Mn ha⁻¹, sendo a média constatada em R₁, 86%, maior que a observada em R₃, 82%.

Envelhecimento acelerado

Em relação ao vigor antes do armazenamento, estimado pelo teste de envelhecimento acelerado, as sementes da cultivar Baliza RR apresentaram maior vigor (94%) em

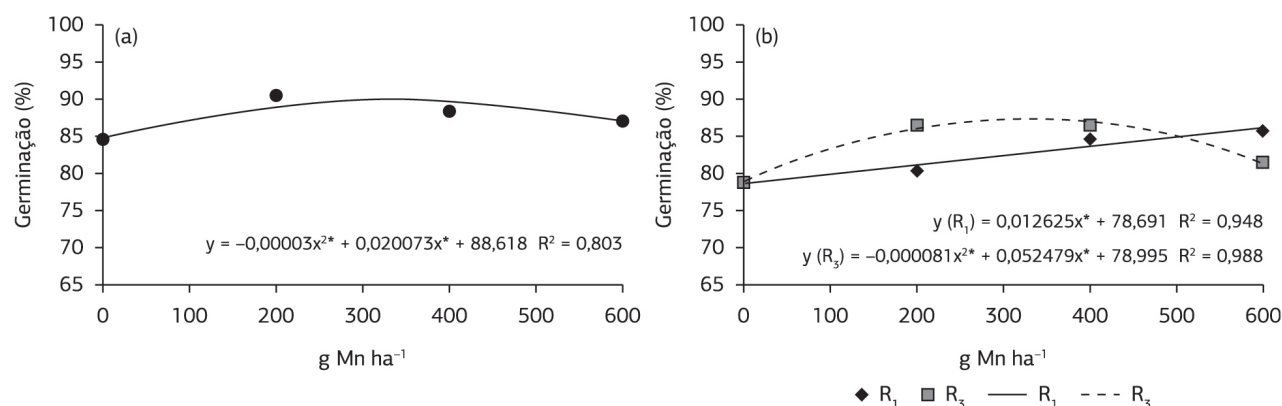


Figura 1. Equação de regressão para os resultados de germinação de sementes de soja, porcentagem de plântulas normais aos cinco dias, antes do armazenamento (a) em função de doses de Mn foliar e após o armazenamento (b) em função de doses e estágio de aplicação de Mn foliar. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

relação às demais cultivares, que não diferiram entre si, com os valores 91, 91 e 90% para Celeste, Jataí e Silvânia RR, respectivamente, resultados esses semelhantes aos de germinação. Existe diferença quanto ao vigor das sementes das cultivares, sendo essa característica inerente a cada genótipo. Gris et al. (2010) observaram que tanto na germinação quanto no envelhecimento acelerado, com o retardamento da colheita, sementes das cultivares Celeste e Baliza RR obtiveram maiores médias em relação às de Jataí e Silvânia RR.

As doses e os estádios de aplicação de Mn não afetaram o vigor das sementes, estimado por meio do envelhecimento acelerado. O mesmo foi constatado por Melarato et al. (2002), no entanto Mann et al. (2002) verificaram maior vigor com a utilização de Mn aplicado via solo e foliar para a cultivar Garimpo.

Porcentagem de emergência

A porcentagem de emergência de plântulas não foi afetada por nenhuma das fontes de variação, tanto antes quanto após o armazenamento, com médias gerais 98% e 97%, respectivamente. Mann et al. (2002) também não verificaram diferença entre os tratamentos com Mn para porcentagem de emergência.

Índice de velocidade de emergência (IVE)

Pelos resultados obtidos antes do armazenamento, apresentados na figura 2, referentes ao índice de velocidade de emergência (IVE), verificou-se que a aplicação foliar de Mn no estádio R_1 proporcionou diferenças significativas apenas nas plântulas da cultivar Celeste. O modelo que se ajustou aos dados foi de terceiro grau, sendo o maior IVE (13,68) atingido com a dose 130,34 g Mn ha⁻¹, demonstrando-se que a aplicação de Mn com doses próximas a esse valor pode

incrementar o vigor das sementes, visto que, sem a utilização do micronutriente, o IVE obtido pelas plântulas dessa cultivar foi 12,76 (Figura 2a). Já no estádio R_3 (Figura 2b), o efeito das doses de Mn foi significativo para Baliza RR e Silvânia RR, porém com tendências distintas. Para Baliza RR, o comportamento foi quadrático, partindo de 12,83 e alcançando o IVE máximo, 13,89, com 364,18 g Mn ha⁻¹. Em R_1 , as doses de Mn foram significativas para Celeste e, em R_3 , para Baliza RR, por se tratarem de cultivares derivadas, sugere-se uma possível relação da resposta ao Mn condicionada ao genótipo. Os efeitos do Mn também foram significativos para plântulas de Silvânia RR: com a aplicação realizada em R_3 , a tendência foi de terceiro grau. Sem a aplicação de Mn, o IVE foi 11,60 mas, com o advento da aplicação, atingiu o valor máximo, 12,66, com 162,79 g Mn ha⁻¹ (Figura 2b).

A maior velocidade na emergência é um componente relevante para o vigor das sementes pelo fato de proporcionar um rápido estabelecimento das plântulas. Sementes com maior IVE possuem melhor desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir a estresse que porventura possa ocorrer (Dan et al., 2010).

Para as plântulas da cultivar Celeste, com a aplicação de Mn realizada no estádio R_1 , o menor IVE (12,66) foi proporcionado pela dose 402,99 g Mn ha⁻¹ (Figura 2a). Com a aplicação realizada em R_3 , para Silvânia RR, o IVE mínimo (11,92) foi obtido com 438,20 g Mn ha⁻¹ e, para Baliza RR, doses maiores que 364,18 g Mn ha⁻¹ ocasionaram efeitos negativos sobre o IVE (Figura 2b). Assim, de um modo geral, doses mais elevadas, acima de 400 g Mn ha⁻¹, são desnecessárias e com efeito negativo sobre o vigor das sementes de soja produzidas.

Quanto às cultivares em função das doses e estádios de aplicação (Tabela 1), observou-se que para aplicação em R_1 , com a dose 0 g Mn ha⁻¹ não houve diferença entre as cultivares. As plântulas das cultivares Baliza RR e Celeste foram superiores às de Jataí e Silvânia RR, com 200 e

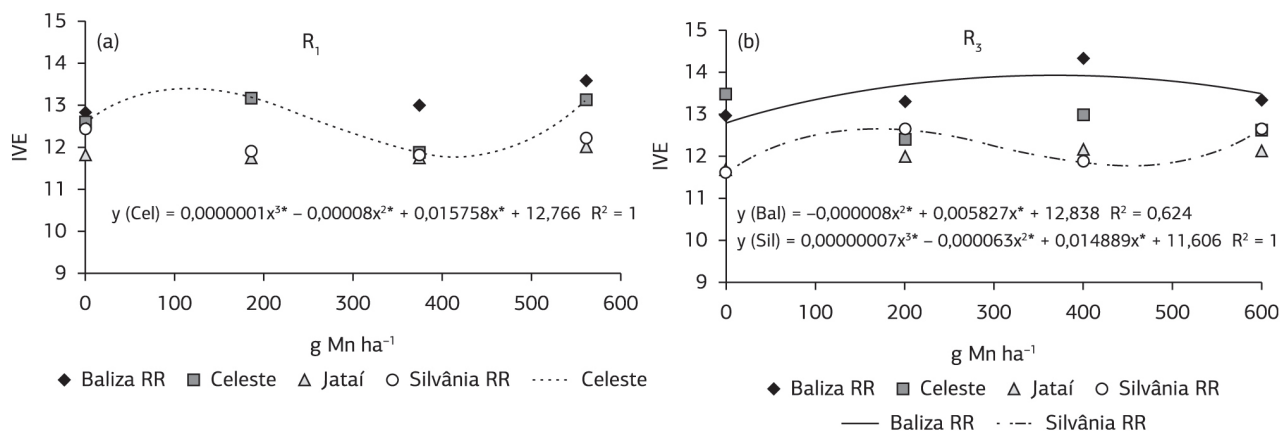


Figura 2. Equação de regressão para os resultados de índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de soja antes do armazenamento, em função de doses de Mn foliar aplicadas às plantas produtoras de sementes em diferentes estádios e cultivares. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

600 g Mn ha⁻¹, com 400 g Mn ha⁻¹, Baliza RR foi superior. Em relação à aplicação em R₃, com a dose 200 g Mn ha⁻¹, plântulas de Baliza RR obtiveram o IVE mais elevado. Fato esse também verificado com 400 g Mn ha⁻¹, seguida de Celeste, com desempenhos superiores a Jataí e Silvânia RR. De forma geral, plântulas de Baliza RR e Celeste apresentaram IVEs superiores às de Silvânia RR e Jataí.

Em relação aos estádios de aplicação em função das cultivares de soja e doses de Mn foliar, as diferenças significativas foram observadas para Baliza RR com 400 g Mn ha⁻¹, sendo o IVE obtido com a aplicação em R₃ (14,31) superior ao verificado em R₁ (13,21). Nessa mesma dose, para sementes de Celeste, a média em R₃ (12,97) foi superior à verificada em R₁ (12,01), porém, com a dose 200 g Mn ha⁻¹, o IVE em R₁ (13,37) foi maior que em R₃ (12,39).

Após o armazenamento, o índice de velocidade de emergência (IVE) variou entre as cultivares, sendo o maior valor verificado para plântulas da cultivar Baliza RR (14,02), superior aos da Celeste (13,31), Silvânia RR (12,66) e Jataí (11,96), que diferiram entre si. O que corrobora o observado antes do armazenamento quanto à diferença de vigor entre os genótipos.

Condutividade elétrica

Antes do armazenamento, quanto aos resultados da interação cultivar*dose para condutividade elétrica, entre as doses de Mn foi verificada diferença estatística somente para as sementes da cultivar Celeste (Figura 3a). O efeito foi de terceiro grau, sendo o menor valor (46,91 μS cm⁻¹ g⁻¹) obtido com 120,89 g Mn ha⁻¹. Para essa cultivar, a utilização de Mn foliar favoreceu a obtenção de sementes com alto vigor, como verificado também para o IVE, cujo valor máximo foi obtido com 130,34 g Mn ha⁻¹ (Figura 2a). Melarato et al. (2002) constataram menores valores de condutividade elétrica nos tratamentos que receberam aplicação de Mn via foliar.

Sementes da cultivar Celeste apresentaram maior condutividade elétrica com doses elevadas de Mn, com valor máximo atingido com 536,88 g Mn ha⁻¹ (Figura 3a). Isso, relacionado a uma qualidade inferior dessas sementes com doses maiores, pois o menor IVE para essa cultivar foi com 402,99 g Mn ha⁻¹ (Figura 2a). A maior condutividade elétrica em doses mais elevadas, entre 400 e 600 g Mn ha⁻¹, pode dever-se a um excesso do micronutriente nos lixiviados ou a um possível distúrbio provocado por essa quantidade de Mn, fatos que podem estar relacionados à qualidade inferior

Tabela 1. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de diferentes cultivares de soja, antes do armazenamento, em função dos estádios e doses de Mn foliar aplicadas às plantas produtoras de sementes

Estádios	Cultivares	Doses de Mn foliar*			
		0	200	400	600
R ₁	Baliza RR	13,01 a	13,38 a	13,21 a	13,85 a
	Celeste	12,76 a	13,37 a	12,01 b	13,35 a
	Jataí	11,96 a	11,86 b	11,92 b	12,21 b
	Silvânia RR	12,60 a	12,03 b	12,00 b	12,36 b
R ₃	Baliza RR	12,97 a	13,27 a	14,31 a	13,34 a
	Celeste	13,45 a	12,39 b	12,97 b	12,62 a
	Jataí	11,71 b	11,98 b	12,15 c	12,12 a
	Silvânia RR	11,60 b	12,62 b	11,88 c	12,65 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

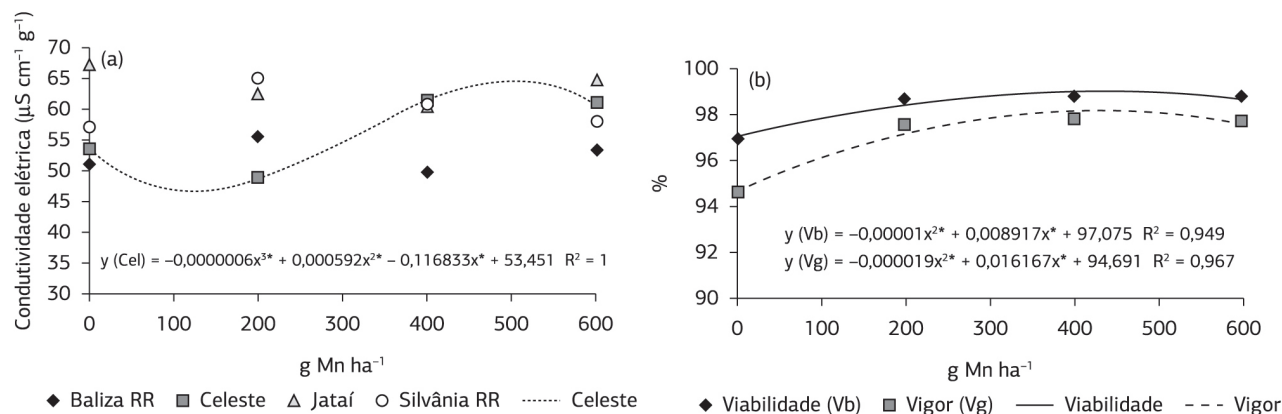


Figura 3. Equação de regressão para os resultados de condutividade elétrica (a) e viabilidade (Vb) e vigor (Vg) obtida no teste de tetrazólio (b) antes do armazenamento, em função de doses de Mn foliar aplicadas às plantas produtoras de sementes. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

das sementes obtidas com dosagens mais altas, conforme verificado nos testes fisiológicos em geral.

Em relação à condutividade elétrica das sementes das cultivares em função das doses, foi constatada diferença entre os materiais em todas as doses de Mn foliar (Tabela 2). A cultivar Baliza RR apresentou menores valores de condutividade elétrica em todas as dosagens, exceto na dose 200 g Mn ha⁻¹, na qual Celeste obteve o menor valor, seguida de Baliza RR e, posteriormente, de Jataí e Silvânia RR, que não diferiram entre si. Esse fato está associado à qualidade fisiológica das sementes da cultivar Baliza RR, que em geral foi superior.

Após o armazenamento, em se tratando da interação cultivar*estádio (Tabela 3), quando as aplicações se deram no estágio R₁, as sementes da cultivar Baliza RR apresentaram maior vigor, com menor valor de condutividade elétrica em relação às demais, que diferiram entre si. Com as aplicações realizadas em R₃, a menor condutividade elétrica também foi observada nas sementes de Baliza RR, distinta de Celeste, cujos valores foram inferiores aos obtidos nas sementes das cultivares Jataí e Silvânia RR.

De um modo geral, quanto à diferença entre as cultivares, sementes da cultivar Baliza RR apresentaram valores de condutividade elétrica inferiores, seguidos pelos da Celeste e, posteriormente, pelos da Jataí e da Silvânia RR, com valores maiores (Tabela 3). Essa verificação corrobora a observação de distintas qualidades fisiológicas das sementes, entre as cultivares, quanto à germinação e IVE. Baliza RR apresentou sementes de melhor qualidade fisiológica, seguidas pelas de Celeste, e superiores às de Jataí e de Silvânia RR, demonstrando a relação entre a menor condutividade elétrica, consequência de membranas mais organizadas e,

assim, de menores quantidades de lixiviados liberados para o meio externo – maior qualidade fisiológica das sementes.

Os vigores mais elevados das sementes das cultivares Baliza RR e Celeste, em relação aos das sementes de Jataí e Silvânia RR, mesmo após o armazenamento, foram independentes do teor de lignina nos tegumentos dessas sementes. Reiterando a observação da relação da qualidade fisiológica das sementes com fatores inerentes a cada genótipo, que não somente relacionados ao teor de lignina no tegumento das sementes.

A única diferença estatística entre os estádios de aplicação em cada uma das cultivares, para condutividade elétrica, foi constatada na cultivar Baliza RR, com o valor em R₁ inferior ao verificado em R₃ (Tabela 3).

De acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999), para lotes de sementes de soja com alto vigor, os valores de condutividade elétrica devem estar situados, no máximo, até 70-80 μS cm⁻¹ g⁻¹, porém com forte tendência a apresentarem médio vigor. No presente trabalho, em todas as cultivares os valores verificados estavam abaixo de 80 μS cm⁻¹ g⁻¹, mesmo após o armazenamento, porém é interessante salientar que na cultivar Silvânia RR, cujas sementes apresentaram menor vigor, os valores foram próximos a 80 μS cm⁻¹ g⁻¹ após o armazenamento (Tabela 3), o que corrobora valores observados também para Jataí. Isso reforça a observação de que sementes com valores de condutividade elétrica entre 70-80 μS cm⁻¹ g⁻¹ apresentam forte tendência ao médio vigor. Para sementes de Baliza RR, cujo vigor foi alto, os valores de condutividade elétrica antes do armazenamento não superaram 55,55 μS cm⁻¹ g⁻¹ e, após o armazenamento, 65,00 μS cm⁻¹ g⁻¹, sugerindo dessa maneira que valores abaixo ou nesse intervalo possam estar associados somente a sementes com alto vigor.

Tetrazólio

Na figura 3b estão apresentados os resultados de viabilidade e de vigor obtidos no teste de tetrazólio antes do armazenamento. Em relação ao fator dose de Mn, o modelo que melhor se ajustou aos dados, tanto para viabilidade quanto para vigor, foi o de segundo grau. Os valores máximos de viabilidade e vigor foram 99,06% e 98,13%, respectivamente, com as doses 445,85 e 425,44 g Mn ha⁻¹. Esses valores máximos de viabilidade e vigor em função das doses de Mn não apresentaram relação com as demais características avaliadas – forma geral, doses acima de 400 g Mn ha⁻¹ não incrementaram a qualidade fisiológica das sementes.

Constatou-se uma inclinação da curva mais acentuada entre as doses 0 e 200 g Mn ha⁻¹, indicando uma maior diferença entre essas doses, tanto para viabilidade quanto para vigor (Figura 3b). A partir de 200 g Mn ha⁻¹, a inclinação foi mais suave, devido à menor diferença entre as demais doses. A inclinação entre as doses 0 e 200 g Mn ha⁻¹ foi mais

Tabela 2. Condutividade elétrica (μS cm⁻¹ g⁻¹) de sementes de cultivares de soja nas diferentes doses de Mn foliar

Cultivares	Doses de Mn foliar*			
	0	200	400	600
Baliza RR	50,98 a	55,55 b	49,68 a	53,31 a
Celeste	53,45 a	48,74 a	61,26 b	60,87 b
Jataí	67,07 b	62,41 c	60,28 b	64,72 b
Silvânia RR	57,02 a	64,99 c	60,65 b	57,95 a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 3. Condutividade elétrica (μS cm⁻¹ g⁻¹) de sementes de cultivares de soja produzidas com aplicação de Mn foliar em diferentes estádios, após o armazenamento

Estádio	Baliza RR	Celeste	Jataí	Silvânia RR
R ₁	59,48 Aa	70,35 Ba	74,31 Ca	78,69 Da
R ₃	64,87 Ab	70,19 Ba	73,82 Ca	75,96 Ca

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

proeminente quanto ao vigor em relação à viabilidade. O incremento no vigor das sementes com a utilização dessa dose de Mn foliar correlaciona-se ao observado em outros testes de vigor, como IVE e condutividade elétrica, além de aos resultados obtidos por Mann et al. (2002).

Para viabilidade houve diferença significativa entre os estádios de aplicação, sendo o valor observado em R₃, 98,70%, superior ao obtido em R₁, 97,87%. Nota-se que, independentemente do estágio de aplicação, as sementes apresentaram alta viabilidade.

Não foi possível estabelecer uma relação, quanto à diferença da qualidade fisiológica das sementes, entre a cultivar convencional e sua derivada transgênica RR, como Carvalho et al. (2012) constataram.

Danos mecânicos

Pelos resultados de danos mecânicos estimados por meio do teste de tetrazólio, referente à interação cultivares*doses (Figura 4), foi constatado efeito significativo das doses em todas as cultivares. Com tendência quadrática para Baliza RR, Jataí e Silvânia RR e efeito linear para Celeste. Na ausência da aplicação de Mn foliar, nas sementes da cultivar Baliza RR a incidência de danos mecânicos foi 26,24%, mas com a utilização de Mn foliar esses valores reduziram. Com a utilização de 200 g Mn ha⁻¹, o valor caiu para 6,89%, o valor mínimo (3,32%) foi verificado com a dose 386,21 g Mn ha⁻¹. Comportamento semelhante foi observado para Jataí e Silvânia RR, cujos valores partiram de 13,97% e 21,37%, respectivamente, sem a aplicação de Mn, e atingiram, com 200 g Mn ha⁻¹, os valores de 6,12% e 10,76%, com incidência mínima de 2,72% e de 7,58%, alcançada com 526,78 e 424,5 g Mn ha⁻¹, respectivamente. Vale salientar que a debulha mecânica favorece a incidência de danos mecânicos.

Foi observada uma maior inclinação das curvas entre os pontos 0 e 200 g Mn ha⁻¹ devido a uma maior diferença entre essas doses para Baliza RR, Jataí e Silvânia RR e uma inclinação mais suave entre as doses subsequentes. Para a cultivar Celeste foi verificado efeito linear – quanto maior a dose de Mn foliar, menor foi a incidência de danos mecânicos (Figura 4), explicitando assim o efeito da aplicação foliar de Mn sobre a incidência de danos mecânicos em sementes de soja, fato esse que possivelmente influenciou no incremento de germinação e de vigor relatados anteriormente com o uso do micronutriente.

Entre as cultivares, as maiores médias de danos mecânicos foram verificadas nas sementes de Silvânia RR (Tabela 4), o que contribuiu para o comprometimento da qualidade delas, visto que, de maneira geral, as sementes dessa cultivar apresentaram qualidade inferior, conforme relatado anteriormente.

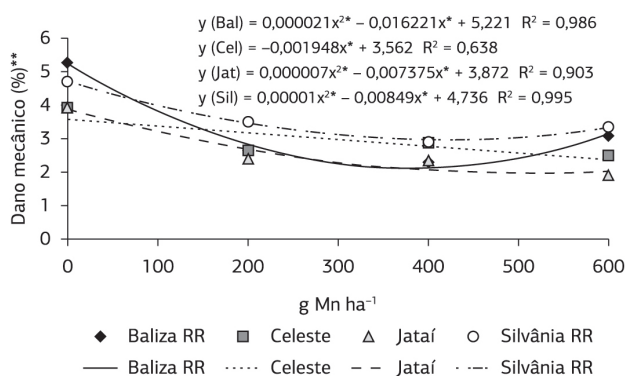


Figura 4. Equação de regressão para danos mecânicos verificados em sementes de soja no teste de tetrazólio (1-8), em função de doses de Mn foliar aplicadas às plantas produtoras de diferentes cultivares. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **transformados em $\sqrt{x+1}$.

Tabela 4. Porcentagem de danos mecânicos nas sementes de cultivares de soja nas diferentes doses de Mn foliar, verificada no teste de tetrazólio

Cultivares	Doses de Mn foliar*			
	0	200	400	600
Baliza RR	27,00 b	6,33 a	5,00 a	8,66 b
Celeste	14,33 a	6,66 a	7,33 a	6,33 a
Jataí	15,00 a	5,00 a	5,33 a	2,66 a
Silvânia RR	21,66 b	11,66 b	7,66 a	10,33 b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott. As médias originais foram apresentadas, mas os dados foram comparados em função dos dados transformados (Transformação em $\sqrt{x+1}$).

Teor de lignina no tegumento

O teor médio de lignina no tegumento das sementes diferiu entre as cultivares, sendo superior em BRS Silvânia RR, com 0,5954 g%, seguido de BRSGO Jataí, com 0,5364 g%, BRS Baliza RR, com 0,4171 g%, e BRS Celeste, com 0,3132 g%.

Na cultivar com maior teor de lignina no tegumento, Silvânia RR, foi verificada, em geral, maior incidência de danos mecânicos (Tabela 4). Já na cultivar Celeste, cujo teor de lignina foi o menor, a incidência de danos mecânicos nas sementes esteve sempre entre as inferiores. No entanto, quanto à relação entre teor de lignina no tegumento das sementes e resistência aos danos mecânicos, Capeleti et al. (2005) constataram uma relação direta entre essas duas características, sugerindo que teor de lignina acima de 0,4 g% no tegumento pode ser um indicador razoável de resistência a danos mecânicos, porém estimaram essa resistência a danos por meio do teste do pêndulo proposto por Carbonell e Krzyzanowski (1995).

Quanto à relação entre alto teor de lignina presente no tegumento e alta qualidade fisiológica das sementes de soja, essa não foi constatada no presente trabalho, pois na cultivar que apresentou maior teor de lignina no tegumento,

Silvânia RR, com 0,5954 g%, foi verificada menor qualidade fisiológica das sementes, em geral, tanto antes quanto após o armazenamento. Na cultivar Baliza RR, que apresentou sementes com melhor qualidade fisiológica antes e após o armazenamento, o teor de lignina foi de 0,4171 g%, inferior ao obtido em Silvânia RR e ao obtido em Jataí. Dessa forma, o teor de lignina no tegumento das sementes de soja, isoladamente, pode não ser um indicativo suficiente para inferência da possível qualidade das sementes de determinada cultivar, sendo essa qualidade influenciada por outros fatores inerentes ao genótipo, porém são necessários mais estudos nesse sentido.

No entanto, autores relataram associação entre alta qualidade fisiológica de sementes de soja com o alto teor de lignina presente no tegumento, a exemplo de Panobianco et al. (1999) e Santos et al. (2007). Menezes et al. (2009) verificaram correlação positiva entre teor de lignina e porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento e correlação negativa para velocidade de germinação.

Panobianco et al. (1999) verificaram valores mais altos de condutividade elétrica em sementes de soja com baixo teor de lignina no tegumento. Porém essa relação não foi observada na presente pesquisa, visto que nas sementes das cultivares Baliza RR e Celeste, cujos valores de condutividade elétrica foram menores em geral, também foram constatados teores menores de lignina em relação às cultivares Jataí e Silvânia RR.

Neste ensaio, o alto teor de lignina no tegumento das sementes pode não ter sido relacionado à alta qualidade das sementes por a colheita ter sido realizada quando as plantas se encontravam entre R_7 , maturidade fisiológica, e R_9 , maturação plena, não sofrendo assim com estresses que poderiam ocorrer com o retardamento da colheita, a exemplo de chuva na pré-colheita, visto que uma das características da lignina é a impermeabilidade (Mcdougall et al., 1996). Porém Gris et al. (2010), mesmo com atraso na colheita ($R_8 + 20$), verificaram maior qualidade fisiológica nas sementes de Baliza RR e Celeste em relação às de Silvânia RR e Jataí, o que reforça, assim, a relação entre qualidade fisiológica e o genótipo relatada anteriormente.

4. CONCLUSÃO

A aplicação foliar de Mn proporciona incrementos na qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas.

Sementes das cultivares de soja BRS Celeste e BRS Baliza RR apresentam melhor qualidade fisiológica quando comparadas às de BRSGO Jataí e BRS Silvânia RR.

Sementes de cultivares de soja com maiores teores de lignina no tegumento não apresentam necessariamente melhor qualidade fisiológica, sendo a qualidade das sementes relacionada a outros fatores intrínsecos ao genótipo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G.J.M.; ROSOLEM, C.A. Absorção de manganês em soja RR sob efeito do glifosate. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.961-968, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300030>
- BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; LAMEGO, F.P.; GIROTTO, E. Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. *Ciência Rural*, v.41, p.1726-1731, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011001000008>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CAPELETI, I.; FERRARESE, M.L.L.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FERRARESE-FILHO, O. A new procedure for quantification of lignin in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed coat and their relationship with the resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology*, v.33, p.511-515, 2005.
- CARBONELL, S.A.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. The pendulum test for screening soybean genotypes for seeds resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology*, v.23, p.331-339, 1995.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- CARVALHO, T.C.; GRZYBOWSKI, C.R.S.; OHLSON, O.C.; PANOBIANCO, M. Comparação da qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e de sua derivada transgênica. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, p.164-170, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000100020>
- DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; BRACCINI, A.L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, p.131-139, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016>
- DANTAS, A.A.A.; CARVALHO, L.G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.1862-1866, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, v.11, p.929-931, 1971. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72p. (Documentos, 116)
- GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. *Better Crops*, v.91, p.12-13, 2007.
- GRIS, C.F.; VON PINHO, E.V.R.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M.L.M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.374-381, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000200015>

- LOECKER, J.L.; NELSON, N.O.; GORDON, W.B.; MADDUX, L.D.; JANSSEN, K.A.; SCHAPAUGH, W.T. Manganese response in conventional and glyphosate resistant soybean. *Agronomy Journal*, v.102, p.606-611, 2010. <http://dx.doi.org/doi:10.2134/agronj2009.0337>
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling and vigor. *Crop Science*, v.2, p.176-177, 1962. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MANN, E.N.; REZENDE, P.M.; MANN, R.S.; CARVALHO, J.G.; VON PINHO, E.V.R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.1757-1764, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002001200012>
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.3-32.
- MCDUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D.; HILLMAN, J.R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.70, p.133-150, 1996. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199602\)70:2<133::AID-JSFA495>3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199602)70:2<133::AID-JSFA495>3.0.CO;2-4)
- MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G.C.; VIEIRA, R.D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. *Ciência Rural*, v.32, p.1069-1071, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000600025>
- MENEZES, M.; VON PINHO, E.V.R.; JOSÉ, S.C.B.R.; BALDONI, A.; MENDES, F.F. Aspectos químicos e estruturais da qualidade fisiológica de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.1716-1723, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001200022>
- MONDO, V.H.V.; GOMES JUNIOR, F.G.; PINTO, T.L.F.; MARCHI, J.L.; MOTOMIYA, A.V.A.; MOLIN, J.P.; CICERO, S.M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, p.193-201, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000200002>
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. *Seed Science and Technology*, v.27, p.945-949, 1999.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5.ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. 359p.
- SANTOS, E.L.; PÓLA, J.N.; BARROS, A.S.R.; PRETE, C.E.C. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, p.20-26, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000100003>
- SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, p.35-41, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004>
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-26. PMID:10374823.
- ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. *Plant and Soil*, v.328, p.57-69, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0081-3>