

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**ADALGISA LELES DO PRADO**

**EFEITOS DE PARCELAMENTOS DE MOLIBDÊNIO APLICADO VIA FOLIAR NO  
CONTEÚDO DESSE MICRONUTRIENTE NA SEMENTE DE FEIJÃO E NA SUA  
QUALIDADE FISIOLÓGICA**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2019**

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

T

P896e  
2019  
Prado, Adalgisa Leles do, 1988-  
Efeitos de parcelamentos de molibdênio aplicado via foliar  
no conteúdo desse micronutriente na semente de feijão e na sua  
qualidade fisiológica : estudo realizado na Zona da Mata de  
Minas Gerais / Adalgisa Leles do Prado. – Viçosa, MG, 2019.  
40 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Eduardo Fontes Araujo.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 36-40.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Germinação. 3. Vigor. 4. Feijão -  
Semenre. 5. Molibdênio. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em  
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.372

**ADALGISA LELES DO PRADO**

**EFEITOS DE PARCELAMENTOS DE MOLIBDÊNIO APLICADO VIA FOLIAR NO  
CONTEÚDO DESSE MICRONUTRIENTE NA SEMENTE DE FEIJÃO E NA SUA  
QUALIDADE FISIOLÓGICA**

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

Orientador: Eduardo Fontes Araujo

Coorientadores: Roberto Fontes Araujo  
Rogério Faria Vieira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2019**

**ADALGISA LELES DO PRADO**

**EFEITOS DE PARCELAMENTOS DE MOLIBDÊNIO APLICADO VIA FOLIAR NO  
CONTEÚDO DESSE MICRONUTRIENTE NA SEMENTE DE FEIJÃO E NA SUA  
QUALIDADE FISIOLÓGICA**

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

APROVADA: 19 de agosto de 2019.

---

Adalgisa Leles do Prado  
Autora

---

Eduardo Fontes Araujo  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado forças para concluir mais este trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o doutorado.

Ao pesquisador Roberto Fontes Araujo e aos professores da pós-graduação em Fitotecnia, em especial ao meu orientador Eduardo Fontes Araujo e ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pelo apoio, atenção e ensinamentos.

Ao pesquisador e coorientador Rogério Faria Vieira, pela orientação, pela paciência, por se colocar à disposição para toda ajuda e pelos valiosos ensinamentos que me fizeram crescer profissionalmente.

À pesquisadora Maira, pelos ensinamentos, amizade e grande incentivo.

Ao professor José Ivo Ribeiro, pela disponibilidade em participar da banca.

Aos meus pais e irmãos, por sempre me desejarem o melhor.

Ao Jamilton, pelo constante incentivo e amor.

Aos funcionários das estações experimentais, principalmente Gilberto e Pereira, pela disponibilidade e auxílio na condução dos experimentos.

A todos os professores que contribuíram com minha formação acadêmica desde a graduação em Agronomia e a todos que, de alguma forma, me ajudaram a realizar este trabalho, **MUITO OBRIGADA.**

## RESUMO

PRADO, Adalgisa Leles, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2019. **Efeitos de parcelamentos de molibdênio aplicado via foliar no conteúdo desse micronutriente na semente de feijão e na sua qualidade fisiológica.** Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Coorientadores: Roberto Fontes Araujo e Rogério Faria Vieira.

Nosso objetivo com este estudo foi avaliar os efeitos de parcelamentos do adubo molíbdico aplicado via foliar em diferentes fases de desenvolvimento da cultura, no conteúdo de molibdênio (Mo) da semente e na qualidade fisiológica das sementes colhidas de feijoeiros do cultivar Ouro Vermelho. Foram conduzidos dois ensaios com irrigação, um em 2017 e o outro em 2018, em Viçosa, Minas Gerais. Foram utilizados estes tratamentos: (1) sem Mo e sem nitrogênio (N) em cobertura; (2) sem Mo e com aplicação de N em cobertura; (3) 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo aplicadas na fase V4 (terceira folha trifoliolada) do feijoeiro; (4) 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); (5) 300(V4) + 300(R5); (6) 200(V4) + 200(R5) + 200(R6); (7) 150(V4) + 150(R5) + 150(R6) + 150(R7inicial) e (8) 120(V4) + 120(R5) + 120(R6) + 120(R7inicial) + 120(R7final). R5, R6 e R7 são as fases de pré-floração, floração e formação de vagens, respectivamente. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições. Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a produtividade de grãos ( $p = 0,247$ ) e a massa de 1000 sementes ( $p = 0,996$ ). A média da produtividade dos dois ensaios foi 3830 kg ha<sup>-1</sup>. Houve efeito muito altamente significativo dos tratamentos sobre o conteúdo de Mo nas sementes, a germinação e a primeira contagem da germinação. O conteúdo de Mo numa semente variou de 0,12 (tratamento 1) a 5,69 µg (tratamento 8) em 2017 e de 0,11 (tratamento 1) a 6,25 µg (tratamento 8) em 2018. Em 2017, a aplicação de N em cobertura na ausência do Mo aumentou significativamente o conteúdo de Mo na semente em relação ao conteúdo das sementes oriundas das plantas que não receberam nem Mo nem N. Não houve diferença significativa entre os conteúdos de Mo das sementes oriundas de feijoeiros que receberam 90 e 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo em V4. O conteúdo de Mo das sementes oriundas das plantas que receberam 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo parcelado em quatro ou cinco vezes também não diferiu significativamente. Na média dos dois ensaios, 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo parcelado quatro vezes aumentou significativamente o conteúdo de Mo nas sementes em relação ao conteúdo de Mo nas sementes oriundas de feijoeiros que receberam essa dose parcelada três vezes. Em relação à qualidade fisiológica das sementes, os tratamentos 7 (quatro parcelamentos) e 8 (cinco parcelamentos) apresentaram consistentemente maior percentagem de germinação e vigor pela primeira contagem da germinação e pelo envelhecimento acelerado. Concluímos que, o parcelamento do Mo em quatro vezes

proporciona o maior acúmulo de Mo na semente de feijão e melhora a sua qualidade fisiológica. Esses resultados podem ser úteis para produtores de sementes de feijão que queiram produzir sementes ricas em Mo com baixo investimento em adubo molíbdico. Como o N em cobertura aumentou o conteúdo de Mo nas sementes quando não se fez adubação com Mo, o uso de N em cobertura associado com doses de Mo aplicado via foliar, deveria ser incluído em estudos futuros.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, germinação, vigor, teor de molibdênio na semente

## ABSTRACT

PRADO, Adalgisa Leles, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2019. **Effects of parcelling molybdenum applied via leaves in the content of this micronutrient in bean seed and its physiological quality.** Adviser: Eduardo Fontes Araújo. Co-advisers: Roberto Fontes Araújo and Rogério Faria Vieira.

Our objective with this study was to evaluate the effects of parcelling molybdic fertilizer via leaves application in different phases of crop development on seed molybdenum (Mo) content and on the physiological quality of seeds harvested from bean Ouro Vermelho cultivar. Two trials with irrigation were conducted, one in 2017 and the other in 2018, in Viçosa, Minas Gerais. The following treatments were used: (1) without Mo and without nitrogen (N) in coverage (N); (2) without Mo and applying N in coverage; (3) 90 g ha<sup>-1</sup> of Mo applied in phase V4 (third trifoliolate leaf) of common bean; (4) 600 g ha<sup>-1</sup> of Mo (V4); (5) 300 (V4) + 300 (R5); (6) 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); (7) 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7start) and (8) 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7start) + 120 (R7final). R5, R6 and R7 are the stages of pre-flowering, flowering and pod formation, respectively. A randomized block design with five replications was used. There was no significant effect of treatments on grain yield ( $p = 0,247$ ) and mass of 1000 seeds ( $p = 0,996$ ). The average yield of the two trials was 3830 kg ha<sup>-1</sup>. There was a very highly significant effect of treatments on seed Mo content, germination and first germination count. Mo content in a seed ranged from 0,12 (treatment 1) to 5,69 µg (treatment 8) in 2017 and 0,11 (treatment 1) to 6,25 µg (treatment 8). In 2017, the application of N in the absence of Mo significantly increased the Mo content in the seed compared to the seed content of the plants that received neither Mo or N. There was no significant difference between Mo content of the seeds from Mo of bean plants that received 90 and 600 g ha<sup>-1</sup> of Mo in V4. The Mo content of plants that received 600 g ha<sup>-1</sup> of splitted Mo four or five times also did not differ significantly. In the average of the two trials, 600 g ha<sup>-1</sup> of Mo split four times significantly increased Mo content in seeds compared to Mo content in bean seeds that received this split dose three times. Regarding the physiological quality of the seeds, the treatments 7 (four split) and 8 (five split) presented consistently higher germination, first germination count and germination after accelerated aging. We conclude that four parcelling of Mo provides the higher Mo acumulation in the bean seed and improves its physiological quality. These results maybe useful for bean seed producers wishing to produce Mo-rich seeds with low investment in molybdc fertilizer. As N increased the Mo content in seeds when no fertilization with Mo, the use of cover N associated with leaf applied Mo doses should be included in future studies.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, germination, vigor, seed molybdenum content.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1. Molibdênio .....	12
2.1.1. Mo no solo .....	12
2.1.2. Adubação molíbdica no feijoeiro .....	13
2.1.3. Enriquecimento de sementes de feijão com Mo .....	14
2.2. Qualidade fisiológica de sementes oriundas de plantas adubadas com molibdênio .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4. RESULTADOS .....	24
5. DISCUSSÃO .....	33
6. CONCLUSÃO .....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é importante fonte de proteínas, carboidratos e minerais como ferro e zinco. O Brasil é o maior produtor mundial dessa leguminosa com produção de 2,3 milhões de toneladas em 2017/2018 (CONAB, 2019). Os estados com as maiores produções são: Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. Nesses estados, a produção de feijão representa, aproximadamente, 65% da produção nacional.

O feijão-comum é cultura de ciclo curto (cerca de 90 dias) e possui ampla adaptação edafoclimática, o que permite o cultivo em quase todos os estados brasileiros em diferentes safras (BORÉM, CARNEIRO, 2015). Na safra das “águas”, o feijão é semeado entre setembro e novembro. Na “seca”, entre fevereiro e abril. O cultivo de “outono-inverno”, geralmente é realizado por produtores que utilizam alta tecnologia. A semeadura nessa época de plantio é feita entre maio e junho. Devido à escassez de chuvas nessa época, a irrigação é prática obrigatória.

Apesar da alta produção brasileira, a média de produtividade no Brasil é ainda considerada relativamente baixa, em torno de 1354 kg ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2019). Isso pode ser explicado pela baixa fertilidade dos solos brasileiros e pelo fato de 80% da produção de feijão no Brasil ser obtida nas safras das águas e da seca, feita por pequenos e médios produtores, geralmente com baixo a médio nível tecnológico. Nessas épocas, os feijoeiros ficam sujeitos à escassez ou excesso de chuvas, principais causas do baixo rendimento (BORÉM, CARNEIRO, 2015). No outono-inverno, no entanto, a média de produtividade de feijão irrigado em Minas Gerais, por exemplo, ultrapassa 2500 kg ha<sup>-1</sup>.

Para produzir, o feijoeiro necessita de luz, água, tratamentos culturais, CO<sub>2</sub> e nutrientes. Com relação aos nutrientes, alguns são necessários em grande quantidade, por isso são chamados macronutrientes, e outros em quantidade relativamente pequena, os micronutrientes.

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura e é o elemento mais abundante na atmosfera (78%). Entretanto, esse elemento não está prontamente disponível para as plantas em razão de uma forte tripla ligação entre os átomos de N. O feijão, a exemplo de outras leguminosas, fixa N da atmosfera quando em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (PEREIRA, 1982). Estas, colonizam as raízes das plantas, formando nódulos. No interior do nódulo é sintetizado um complexo enzimático, denominado nitrogenase, que rompe a tripla ligação existente entre os átomos de N que formam a molécula de N<sub>2</sub> e os utilizam para produzir moléculas de amônia (NH<sub>3</sub>), que são usadas pela planta. A

fixação biológica de nitrogênio (FBN) pode suprir parte do N necessário ao crescimento e desenvolvimento do feijoeiro e pode contribuir para reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados (Valadão et al., 2009), que geralmente são recomendados em aplicações no plantio e/ou em cobertura nos feijoeiros (RIBEIRO, GUIMARÃES, ALVAREZ, 1999).

A FBN diminui quando há deficiência de molibdênio (Mo), micronutriente indispensável ao metabolismo do N, por ser componente de duas enzimas relacionadas a nutrição nitrogenada das plantas: nitrato redutase e nitrogenase (EPSTEIN, 1975).

Produtores que utilizam Mo em suas lavouras geralmente o fornecem ao feijoeiro por meio de aplicações foliares. Na Zona da Mata de Minas Gerais, para se prevenir ou corrigir deficiência de Mo no solo, aplicam-se de 70 a 100 g ha<sup>-1</sup> de Mo entre 14 e 28 dias após a emergência dos feijoeiros (BERGER, VIEIRA, ARAÚJO, 1996). No entanto, muitos produtores ainda desconhecem essa tecnologia ou não têm acesso ao fertilizante. Forma prática e barata de resolver esse problema é produzir sementes enriquecidas com Mo, via aplicação foliar de dose alta do micronutriente no feijoeiro. Nesse caso, o fornecimento do Mo para a planta ocorre por meio da semente enriquecida e independe de a tecnologia ser conhecida, ou não, pelo produtor, e do adubo molíbdico estar disponível, ou não, no comércio local (VIEIRA et al., 2015). O uso de sementes enriquecidas apresenta outras vantagens: elimina perdas do fertilizante em relação à pulverização e o Mo está disponível logo no início da germinação das sementes e da emergência das plântulas.

Esses possíveis benefícios têm despertado o interesse de produtores de sementes pelo enriquecimento das sementes de feijão com Mo. No entanto, para produzir sementes ricas em Mo é necessário aplicar doses, via foliar, mais altas que a recomendada para prevenir ou corrigir deficiência de Mo no solo. Na Zona da Mata, a dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo geralmente eleva o conteúdo de Mo na semente de feijão para pelo menos 3,64 µg (VIEIRA et al., 2011b), conteúdo suficiente para as plantas crescerem sem adubação complementar de Mo.

Segundo Kubota et al. (2008), a aplicação de Mo na fase reprodutiva do feijão pode ser boa estratégia para produzir sementes ricas nesse nutriente. Jacob-Neto, Franco (1988) sugerem que a melhor época de aplicação do Mo para enriquecimento das sementes pode ser entre R6 (floração) e R8 (enchimento de grãos).

Na região da Zona da Mata, o conteúdo de Mo na semente de feijão aumentou de 0,007 µg (feijoeiro que não recebeu Mo) para 6,961 µg [dose de 4000 g ha<sup>-1</sup> de Mo parcelada igualmente em V4 (terceira folha trifoliolada), R5 (pré-floração), R6 (floração) e R7 (formação de vagens)] sem prejuízos à germinação das sementes (VIEIRA et al., 2010). No entanto, Vieira

et al. (2015) detectaram redução na qualidade fisiológica das sementes de feijão com aplicações de doses acima de  $255 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo nas fases R6, R7 e especialmente em R8.

Ainda precisa ser melhor estudado o número de parcelamentos do Mo e as fases de desenvolvimento dos feijoeiros que o micronutriente deve ser aplicado para enriquecer a semente, de modo que a qualidade fisiológica das sementes não seja prejudicada.

O objetivo com este estudo foi avaliar os efeitos de parcelamentos do adubo molíbdico, aplicado via foliar em diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro, no conteúdo de Mo da semente e na qualidade fisiológica das sementes colhidas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Molibdênio**

O Mo é micronutriente exigido em pequena quantidade para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro. O Mo participa de duas enzimas, a redutase do nitrato e a nitrogenase, que são essenciais ao metabolismo do N (EPSTEIN, 1975). O nitrato é a principal forma de N absorvido pela planta. A redutase do nitrato cataliza a redução do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) à nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Essa redução caracteriza a primeira etapa da assimilação do N (ZIMMER, MENDEL, 1999). Na segunda etapa, ocorre a redução do ( $\text{NO}_2^-$ ) para  $\text{NH}_3$ , que será usada na formação de aminoácidos e proteínas. A nitrogenase é responsável pela quebra da tripla ligação do  $\text{N}_2$  atmosférico, formando amônia ( $\text{NH}_3$ ) no processo de FBN (SALYSBURY, ROSS, 1991).

O Mo é absorvido do solo pela planta via fluxo de massa (GUPTA, LIPSETT, 1981). No caso de aplicação foliar, é rapidamente absorvido pela folha (VIDOR, PERES, 1988).

O Mo apresenta boa mobilidade na planta. Em virtude da função do Mo no metabolismo nitrogenado, a deficiência desse micronutriente produz sintomas semelhantes aos causados pela deficiência de N nas leguminosas (MARSCHNER, 1995). Esses sintomas manifestam-se, inicialmente, nas folhas mais velhas ou intermediárias que apresentam coloração amarela ou verde-amarelada.

#### **2.1.1. Mo no solo**

O teor de Mo nos solos varia, normalmente, de 0,5 a 5,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , e ele pode estar solúvel na solução, prontamente disponível para a absorção pelas plantas, ou adsorvido aos colóides do solo, retido em minerais e matéria orgânica (RAIJ, 1988).

O pH influencia muito a disponibilidade de Mo no solo. Para cada unidade de acréscimo do pH acima de 5, a disponibilidade de Mo no solo aumenta 100 vezes (LINDSAY, 1972). Em pH abaixo de 5,5, o Mo do solo encontra-se na forma de ácido molíbdico ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ) adsorvidos aos colóides do solo, a óxidos hidratados de ferro e alumínio e à matéria orgânica. Com  $\text{pH} > 5,5$ , o  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  se dissocia em  $\text{HMoO}_4^-$  e, posteriormente, em ânion de molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), forma absorvida pelas raízes.

A aplicação de fertilizantes molíbdicos é a forma mais comum de fornecê-lo às plantas quando o solo é deficiente nesse micronutriente. As fontes de Mo mais encontradas no mercado são molibdato de sódio (39% de Mo) e molibdato de amônio (54% de Mo).

### **2.1.2. Adubação molíbdica no feijoeiro**

Os fertilizantes molíbdicos podem ser aplicados das seguintes formas: diretamente no solo, via tratamento das sementes, via aplicação foliar com solução de Mo e pelo uso de sementes ricas em Mo (JACOB-NETO, ROSSETO, 1998; VIEIRA et al., 2008).

Para fornecer Mo às plantas com aplicações do fertilizante diretamente no solo, são necessárias quantidades aproximadamente dez vezes maiores que a dose utilizada na aplicação foliar, para eficiência equivalente (JACOB-NETO, ROSSETO, 1998; ALBINO, CAMPOS, 2001). Essa ineficiência do Mo aplicado diretamente no solo deve-se à adsorção dele à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e alumínio, que o tornam menos disponível para as plantas.

O fornecimento do Mo via tratamento de sementes também pode ter eficiência reduzida pela adsorção do Mo na matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio do solo (REISENAUER, 1963; JACOB-NETO, ROSSETO, 1998). No estudo realizado por Berger et al. (1995), a eficiência da peletização de sementes com 20 g ha<sup>-1</sup> de Mo foi um pouco menor que à da aplicação foliar de 20 g ha<sup>-1</sup> de Mo no feijoeiro.

A aplicação foliar do Mo é o método mais empregado pelos agricultores. Essa forma de fornecimento do Mo ao feijoeiro permite a absorção e o aproveitamento de grande parte do micronutriente pelas plantas e elimina problemas de adsorção do Mo por componentes do solo, como ocorre em outros métodos (JACOB-NETO, ROSSETO, 1998; VIDOR, PERES, 1988). O produtor pode aplicar o fertilizante molíbdico junto com outros defensivos no tanque do pulverizador, o que elimina o custo da distribuição do Mo (ARAÚJO et al., 2008; VIEIRA et al., 2008). Na Zona da Mata de Minas Geras, é possível dispensar a adubação nitrogenada em cobertura quando se aplica Mo nos feijoeiros, o que reduz o custo de produção (VIEIRA, NOGUEIRA, ARAÚJO, 1992; AMANE et al., 1999).

Em trabalhos conduzidos na Zona da Mata, o aumento de produtividade de feijão obtido com a adubação molíbdica foliar varia de 41% (FERREIRA et al., 2003) a 323% (PESSOA et al., 2001). Esses autores usaram doses em torno de 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicadas em V4 em solos com pH de 5,5 a 5,9.

### 2.1.3. Enriquecimento de sementes de feijão com Mo

Um método prático de fornecer Mo ao feijoeiro é pela utilização de sementes ricas nesse micronutriente. Esse método é importante para pequenos agricultores que, muitas vezes, não têm disponibilidade dos fertilizantes nitrogenados e molíbdicos e que cultivam feijão em solos ácidos e degradados. A eficácia desse método foi verificada por Vieira, Salgado, Ferreira (2005) em estudo de campo na Zona da Mata de Minas Gerais.

O acúmulo de Mo nas sementes depende de alguns fatores: a) dose de Mo: pode ser até seis vezes mais alta que a empregada para se prevenir ou corrigir deficiência de Mo no solo (VIEIRA et al., 2014); b) pH do solo: o Mo fica mais disponível com o aumento do pH (LINDSAY, 1972); c) cultivares: variam em capacidade de acumular Mo na semente (VIEIRA et al., 2014); d) tamanho da semente: sementes com maior massa geralmente necessitam de menores doses de Mo para serem enriquecidas (VIEIRA et al., 2014).

O conteúdo de 3,64 µg de Mo foi verificado como nível crítico para sementes de feijoeiro na Zona da Mata (VIEIRA et al., 2011b). Nessa região, esse conteúdo de Mo na semente é suficiente para que as plantas de feijão se desenvolvam sem adubação molíbdica complementar. Em Coimbra, MG, feijoeiros oriundos de sementes com 1,272 µg de Mo, conteúdo abaixo do nível crítico, responderam a adubação foliar de Mo com aumento em 15% na produtividade de grãos (VIEIRA et al., 2005). No entanto, plantas oriundas de sementes com 3,64 µg de Mo tiveram produtividade semelhante à obtida com adubação foliar com 90 ha<sup>-1</sup> de Mo (VIEIRA et al., 2011b).

Uma das formas de aumentar o conteúdo de Mo da semente é parcelar a dose de Mo em diferentes fases de desenvolvimento da cultura (VIEIRA et al., 2005; 2016). O Mo já foi parcelado até quatro vezes na fase vegetativa do feijoeiro (LEITE et al., 2007; VIEIRA et al., 2005). Há indícios de que a aplicação de Mo na fase reprodutiva do feijão seja boa estratégia para produzir sementes ricas em Mo (KUBOTA et al., 2008). No feijão, foram testados de dois a três parcelamentos entre as fases R5 e R8 (VIEIRA et al., 2010; 2015; 2016).

O parcelamento do Mo em duas ou quatro vezes, originaram sementes de feijão com conteúdos que variam de 2,6 (VIEIRA et al., 2010; 2011a) a 3,6 µg de Mo (VIEIRA et al., 2010). As sementes com conteúdo de 2,6 µg de Mo foram obtidas com a aplicação de 1 kg de Mo ha<sup>-1</sup> parcelado em duas vezes de 500 g na fase V4 do feijoeiro. A dose de 1 kg de Mo parcelado igualmente em V4, R5, R6 e R7 originaram sementes com conteúdo de 3,6 µg de Mo, este, 38% superior ao conteúdo obtido com o parcelamento do Mo em duas vezes em V4.

Em relação a aplicação única de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo na fase V4 do feijoeiro, o parcelamento dessa dose em 100, 250 e 250 g ha<sup>-1</sup> de Mo e aplicada V4, R5 e R7, originaram sementes com conteúdos de 3,6 e 9,6 µg de Mo (VIEIRA et al., 2016). O conteúdo de 3,6 µg de Mo foi obtido nas sementes colhidas de feijoeiros cultivados em solo com pH 4,7 e foi 65% superior ao conteúdo obtido nas sementes oriundas de feijoeiros que receberam aplicação única de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo na fase V4. O conteúdo de 9,6 µg de Mo foi obtido nas sementes colhidas de feijoeiros cultivados em solo com pH 5,8 e foi quase três vezes superior ao conteúdo de Mo obtido nas sementes oriundas de feijoeiros que receberam aplicação única de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo em V4.

## **2.2. Qualidade fisiológica de sementes oriundas de plantas adubadas com molibdênio**

A qualidade das sementes é definida como o conjunto de atributos genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos que influenciam a capacidade das sementes em originar plantas com alta produtividade (MARCOS-FILHO, 2015). O atributo fisiológico pode ser aferido pelo poder germinativo e vigor das sementes e é influenciado pelo ambiente em que as semente se formam, por condições de estresses climáticos e nutricionais e pelas condições de colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento.

A avaliação da germinação das sementes é efetuada em laboratório, com base em instruções estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (R.A.S.) (BRASIL, 2009). A germinação é expressa pela capacidade de as sementes gerarem plântulas normais em condições ótimas. Quando o ambiente em campo apresentar condições semelhantes às fornecidas em laboratório, há fidelidade dos resultados em campo com os obtidos com o teste de germinação no laboratório (KRZYZANOWSKI et al., 1999; MARCOS-FILHO, 2015). No entanto, as condições em campo se desviam das mais adequadas. Daí a importância em determinar características como: velocidade de germinação, potencial para emergência rápida e uniforme das plântulas, capacidade de resistência a estresses ambientais e outras (MARCOS-FILHO, 2015). Todas essas características estão envolvidas na manifestação do vigor. Por isso, empregam-se vários testes para determinar o vigor das sementes.

Testes de envelhecimento acelerado, comprimento de raízes e plântulas, velocidade de emergência das plântulas, tetrazólio e condutividade elétrica são comuns em avaliações do

vigor das sementes de leguminosas, como soja e feijão (ARTHUR, TONKIN, 1991; KRZYZANOWSKI et al., 2008).

Não existem normas oficiais para avaliar o vigor. O conceito de alto, médio ou baixo vigor depende dos procedimentos adotados pelo avaliador, mas não há dúvidas de que sementes mais vigorosas têm maior probabilidade de apresentar melhor desempenho em campo em diferentes condições ambientais e dar origem a plantas mais produtivas (MARCOS-FILHO, 2015).

Há indícios de que a aplicação de Mo em leguminosas como soja e feijão, pode influenciar a qualidade fisiológica das sementes colhidas (GUERRA et al., 2006; LEITE et al., 2009; MILANI et al., 2010; NAKAO et al., 2014; VIEIRA et al., 2015). Na cultura da soja, o fornecimento de Mo é realizado, normalmente, via tratamento de sementes (GUERRA et al., 2006) ou aplicação foliar, este, mais utilizado atualmente (CAMPOS et al., 2004, NAKAO et al., 2014).

A aplicação do Mo foliar melhorou (NAKAO et al., 2014) ou não influenciou (MILANI et al., 2010) a qualidade fisiológica das sementes de soja. Nakao et al. (2014) verificaram aumento linear da germinação e do vigor das sementes com aplicações de 200, 400 e 800 g ha<sup>-1</sup> de Mo parceladas igualmente no início da formação das vagens (R3) e quando a maioria das vagens apresentavam entre 50 e 75% de grãos (R5,4). Contudo, Milani et al. (2010) utilizaram doses de 400 a 1000 g ha<sup>-1</sup> de Mo e não verificaram influencia do Mo na qualidade fisiológica das sementes.

Em relação ao conteúdo de Mo nas sementes, as plantas de soja que receberam a aplicação de 800 g ha<sup>-1</sup> de Mo parcelada igualmente na fase R3 e na fase de enchimento de vagens (R5), originaram sementes com teor de Mo superior a 80 µg. Este, quatro vezes superior ao teor de Mo das sementes oriundas de plantas que receberam 800 g ha<sup>-1</sup> de Mo aplicado uma única vez em R5 (CAMPOS et al., 2004).

Na cultura do feijão, a aplicação foliar de 70 a 100 g ha<sup>-1</sup> de Mo em V4, dose recomendada para prevenir ou corrigir deficiência de Mo no solo na região da Zona da Mata (BERGER, VIEIRA, ARAÚJO, 1996), melhorou a qualidade fisiológica das sementes em relação à qualidade fisiológica das sementes oriundas de feijoeiros que não receberam aplicação de Mo (MEIRELES et al., 2003; LEITE et al., 2009).

Na Zona da Mata, a dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo é utilizada para enriquecer sementes de feijão (VIEIRA et al., 2014). Essa dose parcelada em 100, 250 e 250 g ha<sup>-1</sup> e aplicada no feijoeiro em V4, R5 e R7, originaram sementes com germinação após envelhecimento acelerado

reduzida em 1,8% em relação às que receberam 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo em V4 e 8,1% em relação às que receberam 100 g ha<sup>-1</sup> de Mo em V4. Embora tenha ocorrido ligeira redução da qualidade fisiológica das sementes, os resultados da germinação após envelhecimento acelerado não diferiram significativamente (VIEIRA et al., 2016).

Vieira et al. (2015) parcelaram a dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo entre as fases V4 e enchimento das vagens do feijoeiro (R8). Esses autores verificaram que a qualidade fisiológica das sementes de feijão pode ser um pouco prejudicada pela aplicação de 200 g ha<sup>-1</sup> de Mo em R8. Esse foi o único trabalho que testou doses de Mo em R8. Verificaram também que a aplicação de 255 g ha<sup>-1</sup> de Mo em R7 (formação de vagens), antecedida da aplicação de 255 g ha<sup>-1</sup> de Mo em R6 também reduziu um pouco a qualidade fisiológica das sementes. No entanto, no estudo de Vieira et al. (2010), o uso de 1000 g ha<sup>-1</sup> de Mo em R7 antecedida da aplicação de 1000 g ha<sup>-1</sup> de Mo em R6, não influenciou a germinação das sementes.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em duas etapas: campo e laboratório. A etapa de campo foi realizada para enriquecer sementes de feijão com aplicações foliares de Mo. Foram conduzidos dois ensaios nas Unidades de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais: um deles na UEPE que fica próximo ao aeroporto de Viçosa (658 m de altitude, 20° 44' S de latitude e 42° 50' W de longitude), em 7 de abril de 2017. Nos últimos 20 anos essa área tem sido cultivada com plantios alternados de milho e feijão. O outro ensaio foi instalado na UEPE “Horta Nova” (667 m de altitude, 20° 45' S de latitude e 42° 49' W de longitude), em 24 de abril de 2018, área cultivada com hortaliças por mais de 20 anos, e com milho, nos últimos cinco anos.

Nos dois ensaios, o preparo do solo foi realizado de forma convencional, com aração e gradagem.

Os solos das áreas são classificados como argilosos. Na ocasião da instalação dos ensaios foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0 a 20 cm para análises (Tabela 1).

Na segunda etapa foi estimado o teor e conteúdo de Mo nas sementes de feijão no Laboratório de Espectrofotometria de Absorção Atômica da UFV e realizadas avaliações da qualidade fisiológica das sementes no Laboratório de Pesquisa de Sementes da UFV.

#### **Enriquecimento de sementes de feijão com Mo**

O ensaio constou de oito tratamentos. Seis deles envolveram a aplicação foliar de Mo. Os outros dois foram as testemunhas: sem aplicação de Mo e sem nitrogênio em cobertura (testemunha 1) e sem aplicação de Mo mas com aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de uréia em cobertura em V4 (terceira folha trifoliolada) (testemunha 2). Este foi o único tratamento a receber adubação nitrogenada em cobertura. Os tratamentos encontram-se descritos na Tabela 2.

Utilizaram-se sementes de feijão Ouro Vermelho, cultivar de hábito de crescimento indeterminado (tipo III), prostrado, ciclo de vida de 80 a 90 dias, do grupo comercial vermelho, registrado para Minas Gerais em 2005 (EMBRAPA, 2019).

Tabela 1. Análises químicas dos solos das áreas experimentais em 2017 e 2018.

Características	Ensaio	
	2017	2018
pH (H <sub>2</sub> O)	5,3	5,0
P, mg dm <sup>-3</sup>	9,0	47,8
K, mg dm <sup>-3</sup>	37	150
Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,2	0,2
Ca, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,1	2,8
Mg, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,52	0,55
Saturação de bases, %	51	47
H + Al, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,64	4,29
SB, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,7	3,7
CTC (t), cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,9	3,9
CTC (T), cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,3	8,0
Matéria orgânica, dag kg <sup>-1</sup>	1,97	2,75
P-rem, mg L <sup>-1</sup>	27,8	25,3
Zn, mg dm <sup>-3</sup>	2,3	9,9
Fe, mg dm <sup>-3</sup>	35,0	25,9
Mn, mg dm <sup>-3</sup>	26,9	55,1
Cu, mg dm <sup>-3</sup>	1,1	1,5
B, mg dm <sup>-3</sup>	0,1	0,1

P, K, Zn, Fe, Mn e Cu foram extraídos com Mehlich-1 Ca, Mg e Al foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Matéria orgânica: Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N. CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0. H + Al – Extraído com acetato de Cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0. B foi extraído com água quente.

Tabela 2. Tratamentos utilizados nos ensaios nas safras da seca de 2017 e 2018.

Doses de molibdênio/nitrogênio	Fases do feijoeiro <sup>1</sup>
Sem Mo e sem N em cobertura	.....
Sem Mo e com N em cobertura <sup>2</sup>	V4
Tratamento 3: 90 g ha <sup>-1</sup> de Mo	V4
Tratamento 4: 600 g ha <sup>-1</sup> de Mo	V4
Tratamento 5: (300 + 300) g ha <sup>-1</sup> de Mo	V4 e R5
Tratamento 6: (200 + 200 + 200) g ha <sup>-1</sup> de Mo	V4; R5 e R6
Tratamento 7: (150 + 150 + 150 + 150) g ha <sup>-1</sup> de Mo	V4; R5; R6 e R7inicial
Tratamento 8: (120 + 120 + 120 + 120 + 120) g ha <sup>-1</sup> de Mo	V4; R5; R6; R7inicial e R7final

<sup>1</sup>Fases de desenvolvimento do feijoeiro: V4=terceira folha trifoliolada; R5=pré-floração; R6=floração; R7inicial=início da formação de vagens; R7final=final da formação de vagens.

<sup>2</sup>O N foi usado em cobertura na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> (uréia).

Os ensaios foram conduzidos em blocos casualizados, com cinco repetições. As parcelas experimentais constaram de quatro fileiras de 4 m, espaçadas de 0,5 m, com 15 sementes por metro. A área útil constou das duas fileiras centrais da parcela.

Na adubação de plantio foram empregados 350 kg ha<sup>-1</sup> da formulação comercial 8-28-16 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). A fonte de Mo foi o molibdato de sódio (39% de Mo). Adicionou-se à solução de Mo o espalhante adesivo, Wil fix (0,1 ml L<sup>-1</sup>). Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> para distribuir a solução sobre as plantas. Esse pulverizador foi equipado com quatro bicos tipo cone XR11002 espaçados a 0,5 m, a uma pressão de 207 kPa com um volume de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. Uma proteção de plástico de 1,0 m de altura foi estendida em torno da parcela a ser pulverizada para evitar deriva da solução de Mo.

No controle de plantas daninhas utilizou-se os herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil (125 g ha<sup>-1</sup>) e, quando necessário, capinas manuais. Em 2017, controlou-se mosca-branca (*Bemisia tabaci*) com os inseticidas imidacloprid (100 g L<sup>-1</sup>) e beta-ciflutrina (12,5 g L<sup>-1</sup>). O fungicida fluazinam (500 g L<sup>-1</sup>) foi aplicado no início da floração e dez dias depois, para o controle preventivo do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Irrigações por aspersão foram feitas semanalmente com cerca de 40 mm de água.

## CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Após a colheita manual, as plantas secas, foram trilhadas mecanicamente. Em seguida, foi realizado o beneficiamento manual das sementes para retirar impurezas como torrões de solo, pedras ou partes da planta. Em relação às sementes, avaliaram-se: produtividade, teor de água, massa de 1000 unidades, uniformidade de tamanho, teor e conteúdo de Mo, e germinação e vigor. Com exceção da produtividade de grãos e teor de água na semente, as demais características foram avaliadas com as sementes retidas nas peneiras de 4,37 a 5,16 mm.

**Produtividade de grãos:** estimada com sementes das plantas colhidas nas fileiras centrais. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de água e os resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

**Teor de água:** determinado pelo método da estufa (105 ± 3° C por 24 horas), com duas subamostras por parcela, conforme as Regras para Análise de Sementes – R.A.S. (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em %.

**Teste de uniformidade (retenção em peneiras/classificação de sementes):** duas subamostras de 100 g de sementes por parcela foram classificadas com um conjunto de peneiras metálicas de crivos oblongos, colocadas justapostas em ordem decrescente de tamanho, nas seguintes dimensões de largura: 5,55; 5,16; 4,76; 4,37; 3,99 mm. Ao final, cada fração retida por peneira foi pesada e o resultado expresso em porcentagem do total de sementes (BRASIL, 2009).

**Massa de mil sementes:** oito subamostras de 100 sementes por parcela foram pesadas. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de água e o resultado expresso em g, com o valor médio das oito subamostras multiplicado por dez (BRASIL, 2009).

**Molibdênio nas sementes:** uma subamostra de 50 sementes por parcela foram secas em estufa de circulação de ar forçado, regulada a 65°C por 72 horas. Em seguida, as sementes foram moídas em moinho, tipo Willey. Com as sementes moídas, realizou-se a digestão nítrico-perclórica (CARMO et al., 2000): 1 g do material vegetal seco e moído foi colocado em tubos de digestão, aos quais foram adicionados 4 ml de ácido nítrico onde ficaram em temperatura ambiente por 12 horas. Após esse período, os tubos foram levados ao bloco digestor à temperatura de 95°C por aproximadamente 4 horas, ou até o volume do ácido reduzir a menos da metade do volume inicial, para então, adicionar 2 ml de ácido perclórico e elevar a temperatura para 150°C. O extrato, inicialmente de coloração amarelada, permaneceu no bloco digestor até ficar quase incolor. Aí então foram retirados do bloco e adicionados 13 ml de água destilada. Os tubos foram agitados e o teor de Mo foi estimado por espectrofotometria de absorção atômica.

**Germinação:** realizado com três subamostras de 50 sementes por parcela. Foram utilizadas três folhas de papel germitest por subamostra, previamente umedecidas com água em volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Duas folhas serviram como base, onde as sementes foram distribuídas com auxílio de um contador de sementes. A outra folha serviu para cobrir as sementes. As folhas foram enroladas, embaladas em saco plástico e colocadas em câmara de germinação tipo B.O.D, previamente regulada a 25°C. As avaliações foram realizadas no quinto e nono dia após a instalação do teste contando-se o número de plântulas normais e anormais. Os resultados de germinação foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

**Primeira contagem da germinação:** fez parte do teste de germinação. Foram registrados a porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

**Envelhecimento acelerado:** foram utilizadas três subamostras de 50 sementes por parcela. As sementes foram distribuídas uniformemente sobre uma tela de alumínio no interior da caixa “gerbox”. A caixa possui apoio para a tela, de modo que as sementes fiquem suspensas (MARCOS-FILHO, 1999). Foram adicionados 40 ml de água destilada a cada caixa. Em seguida, as caixas foram fechadas e transferidas para a câmara tipo B.O.D a 42 °C e 100% de umidade relativa, por 72 horas. Ao final desse período, as sementes foram colocadas para germinar nas mesmas condições descritas para o teste de germinação. O número de plântulas normais foi registrado no quinto dia após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem.

**Condutividade elétrica:** três subamostras de 50 sementes por parcela foram pesadas e imersas em 75 ml de água destilada em copos de plástico descartáveis e mantidas em câmara tipo B.O.D a 25 °C por 24 horas. Para leitura da solução foi utilizado um condutivímetro (DIGIMED DM 31) (VIEIRA, KZRYZANOWSKI, 1999). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de semente.

**Comprimento da raiz primária:** quatro subamostras de 10 sementes por parcela foram colocadas sobre uma linha traçada no terço superior, no sentido longitudinal de duas folhas de papel germitest previamente umedecidas com água em volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Uma terceira folha, umedecida nas mesmas condições, foi utilizada para cobrir as sementes. As folhas foram enroladas, embaladas em sacos plástico e colocadas para germinar nas mesmas condições descritas para o teste de germinação. Após sete dias, mediu-se o comprimento da raiz primária em mm (da ponta da raiz até a o ponto de inserção das raízes basais) (NAKAGAWA, 1999).

**Massa das raízes secas:** realizado em conjunto com o teste “comprimento da raiz primária”. As raízes foram colocadas em saquinhos de papel e secas em estufa regulada a 80°C por 24 horas. Após esse período, foram pesadas e os resultados expressos em mg.

## **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os dados foram testados quanto à normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett). Em seguida, foram submetidos à análise conjunta. Para comparação das médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2006).

#### 4. RESULTADOS

Os dados apresentaram normalidade e homogeneidade de variâncias, por isso não foi necessário transformá-los.

Das sementes colhidas, mais de 90% ficaram retidas nas peneiras metálicas de crivos oblongos de 5,16; 4,76 e 4,37 mm de largura (Tabelas 3 e 4). Aparentemente, não houve efeito dos tratamentos sobre o tamanho das sementes.

Tabela 3. Classificação de sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho, sementes colhidas em 2017).

Tratamentos de Mo e/ou N em cobertura (fases de desenvolvimento do feijoeiro) <sup>1</sup>	Peneiras (mm de largura)				
	5,55	5,16	4,76	4,37	3,99
	Percentagem de sementes retidas				
Sem Mo e sem N em cobertura	7,2	40,2	31,5	19,5	2,6
Sem Mo e com N em cobertura <sup>2</sup>	6,3	39,6	32,2	19,4	3,5
90 g ha <sup>-1</sup> de Mo (V4)	6,9	37,1	31,7	21,2	3,1
600 g ha <sup>-1</sup> de Mo (V4)	4,0	39,7	33,1	18,0	5,2
300 (V4) + 300 (R5)	6,2	40,0	33,7	16,4	3,7
200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6)	6,5	39,6	31,3	19,2	3,4
150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i)	6,0	41,3	32,5	17,1	3,1
120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f)	7,5	39,0	32,2	19,1	2,2

<sup>1</sup>V4=terceira folha trifoliolada; R5=pré-floração; R6=floração; R7i=início da formação de vagens; R7f=final da formação de vagens;

<sup>2</sup>N usado em cobertura na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> (uréia).

Tabela 4. Classificação de sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho, sementes colhidas em 2018).

Tratamentos de Mo e/ou N em cobertura (fases de desenvolvimento do feijoeiro) <sup>1</sup>	Peneiras (mm de largura)				
	5,55	5,16	4,76	4,37	3,99
	Percentagem de sementes retidas				
Sem Mo e sem N em cobertura	0,0	24,6	46,9	21,3	7,2
Sem Mo e com N em cobertura <sup>2</sup>	4,5	23,7	44,5	22,3	5,0
90 g ha <sup>-1</sup> de Mo (V4)	3,2	25,5	45,9	20,9	6,5
600 g ha <sup>-1</sup> de Mo (V4)	0,0	24,3	46,5	21,0	8,2
300 (V4) + 300 (R5)	0,0	24,1	44,6	22,1	9,2
200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6)	0,0	23,8	44,7	20,0	7,2
150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i)	4,3	24,5	45,2	22,9	7,4
120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f)	0,0	24,2	44,9	21,7	9,2

<sup>1</sup>V4=terceira folha trifoliolada; R5=pré-floração; R6=floração; R7i=início da formação de vagens; R7f=final da formação de vagens;

<sup>2</sup>N usado em cobertura na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> (uréia).

O teor de água das sementes colhidas em 2017 variou de 9,5 a 10,9% e em 2018, entre 12,8 e 13,4%.

Na análise conjunta dos ensaios de 2017 e 2018, não houve efeito significativo da interação entre tratamento (T) e ano (A) na produtividade de grãos, massa de sementes (Tabela 5), envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento da raiz e massa das raízes secas (Tabela 6). Houve interação muito altamente significativa entre T x A em relação ao conteúdo de molibdênio nas sementes (Tabela 5), germinação e primeira contagem da germinação (Tabela 6). Logo, os dados dessas variáveis foram apresentados separadamente por ano.

Tabela 5. Níveis de significância da análise de variância conjunta referentes aos efeitos de tratamento, ano e interação entre esses fatores sobre produtividade, massa de sementes e conteúdo de molibdênio (Mo) nas sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho).

Fontes de variação	GL	Produtividade	Massa de sementes	Conteúdo de Mo nas sementes <sup>1</sup>
Tratamento <sup>2</sup> (T)	7	0,247	0,996	< 0,001
Ano (A)	1	0,022	< 0,001	< 0,001
T x A	7	0,232	0,606	< 0,001

<sup>1</sup>O conteúdo de Mo nas sementes foi obtido pela multiplicação do teor de Mo da semente pela massa de uma semente seca.

<sup>2</sup>Tratamentos: 1 = sem Mo e sem N em cobertura; 2 = sem Mo e com N em cobertura; 3 = 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 4 = 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 5 = 300 (V4) + 300 (R5); 6 = 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); 7 = 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i); 8 = 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f). V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7i = início da formação de vagens; R7f = final da formação de vagens.

Tabela 6. Níveis de significância da análise de variância conjunta referentes aos efeitos de tratamento, ano e interação entre esses fatores sobre a germinação e o vigor das sementes de feijão (cultivar Ouro vermelho).

Fontes de variação	GL	Germinação	Primeira contagem da germinação <sup>1</sup>	Envelhecimento Acelerado <sup>2</sup>	Condutividade elétrica	Comprimento da raiz primária <sup>3</sup>	Massa das raízes secas
Valor de P							
Tratamento <sup>4</sup> (T)	7	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,233	0,052	0,706
Ano (A)	1	< 0,001	0,010	0,020	< 0,001	< 0,001	< 0,001
T x A	7	< 0,001	< 0,001	0,467	0,368	0,457	0,136

<sup>1</sup>Plântulas normais quantificadas 5 dias após o início da germinação em laboratório;

<sup>2</sup>Sementes colocadas em temperatura de 42°C e 100% de umidade relativa por 72h;

<sup>3</sup>Medida 5 dias após o início da germinação em laboratório.

<sup>4</sup>Tratamentos: 1 = sem Mo e sem N em cobertura; 2 = sem Mo e com N em cobertura; 3 = 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 4 = 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 5 = 300 (V4) + 300 (R5); 6 = 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); 7 = 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i); 8 = 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f). V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7i = início da formação de vagens; R7f = final da formação de vagens.

### **Conteúdo de molibdênio (Mo) nas sementes**

Em 2017, em solo com pH 5,3, os maiores conteúdos de Mo na semente (5,22 e 5,69  $\mu\text{g}$ ) foram obtidos com o parcelamento da dose de 600  $\text{g ha}^{-1}$  de Mo em quatro (tratamento 7) ou cinco vezes (tratamento 8), em que a primeira aplicação foi feita em V4 e as demais nas fases reprodutivas (Fig. 1). Com relação ao Mo aplicado na fase reprodutiva, o Mo parcelado três vezes entre R5 e R7 inicial (tratamento 7) aumentou em 20% o conteúdo de Mo na semente em relação ao parcelado duas vezes nas fases reprodutivas R5 e R6 (tratamento 6), e aumentou duas vezes em relação ao aplicado uma única vez em R5 (tratamento 5). O menor conteúdo de Mo na semente foi 0,12  $\mu\text{g}$ , obtido quando não se aplicou nem Mo nem nitrogênio (N) em cobertura. Esse conteúdo de Mo na semente foi 11,4 vezes inferior ao conteúdo obtido no tratamento sem aplicação de Mo e com aplicação de uréia em cobertura. Plantas que receberam 90 (tratamento 3) ou 600  $\text{g ha}^{-1}$  (tratamento 4) de Mo na fase vegetativa (V4) originaram sementes com conteúdos de Mo que não diferiram entre si.

O conteúdo de Mo nas sementes das plantas que receberam 90  $\text{g ha}^{-1}$  de Mo (tratamento 3) não diferiu significativamente do conteúdo de Mo nas sementes das plantas que não receberam Mo e receberam adubação em cobertura com N (tratamento 2). No entanto, o conteúdo de Mo das sementes oriundas do tratamento 2 diferiram significativamente do conteúdo de Mo das sementes oriundas do tratamento 1 (sem Mo e sem N em cobertura).

Em 2018, em solo com pH 5, os maiores conteúdos de Mo na semente (6,16 e 6,25  $\mu\text{g}$ ) também foram verificados com o parcelamento da dose de 600  $\text{g ha}^{-1}$  de Mo em quatro (tratamento 7) ou cinco vezes (tratamento 8), em que a primeira aplicação foi feita em V4 e as demais nas fases reprodutivas (Fig. 2). O Mo parcelado três vezes entre R5 e R7 inicial (tratamento 7) aumentou em 28% o conteúdo de Mo na semente em relação ao parcelado duas vezes nas fases reprodutivas R5 e R6 (tratamento 6), e aumentou 2,3 vezes em relação ao aplicado em V4 e R5 (tratamento 5). Apesar de o conteúdo de Mo nas sementes de plantas adubadas com N em cobertura (tratamento 2) (0,67  $\mu\text{g}$ ) ter sido seis vezes superior ao das sementes oriundas de plantas não adubadas com N em cobertura (tratamento 1) e 33% inferior ao das sementes oriundas de plantas que receberam 90  $\text{g ha}^{-1}$  (tratamento 3) de Mo em V4, a diferença entre esses três tratamentos não foi significativa.

Os resultados dos dois anos indicam que é possível elevar o conteúdo de Mo nas sementes entre 47 (2017) e 57 vezes (2018), quando a comparação é feita com as sementes oriundas de plantas que não receberam nem Mo nem N em cobertura.

Quanto aos resultados dos teores de Mo nas sementes, eles foram semelhantes (Fig. 1) ou apresentaram a mesma tendência (Fig. 2) verificada com o conteúdo de Mo nas sementes.

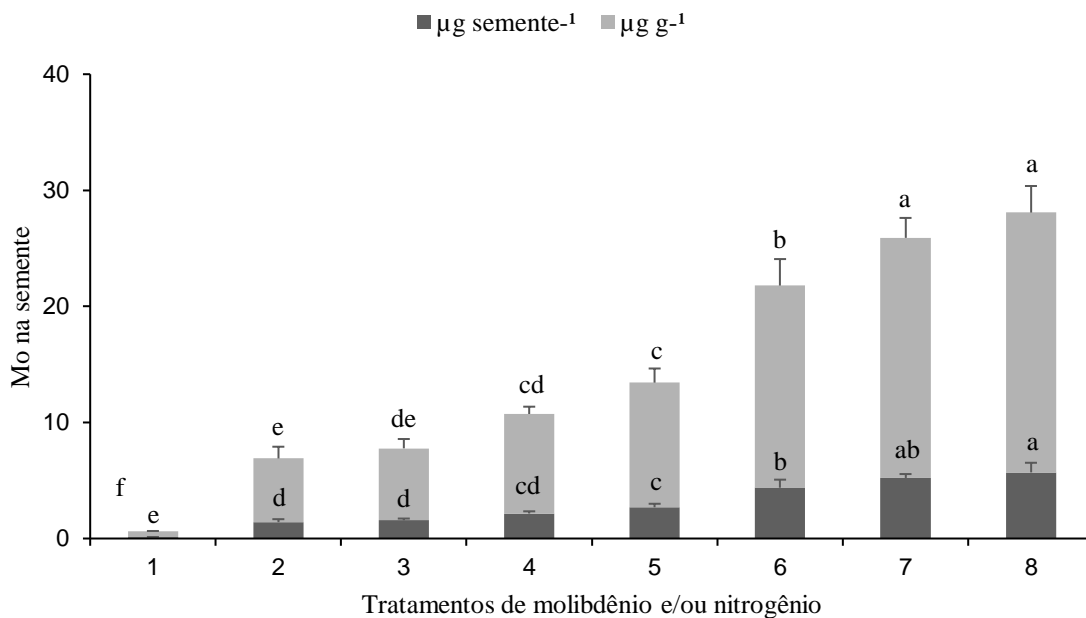


Fig.1. Efeitos dos tratamentos no teor (■) e no conteúdo de molibdênio (■) nas sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho) colhidas em 2017. Tratamentos: 1 = sem Mo e sem N em cobertura; 2 = sem Mo e com N em cobertura; 3 = 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 4 = 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 5 = 300 (V4) + 300 (R5); 6 = 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); 7 = 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i); 8 = 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f). V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7i = início da formação de vagens; R7f = final da formação de vagens. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

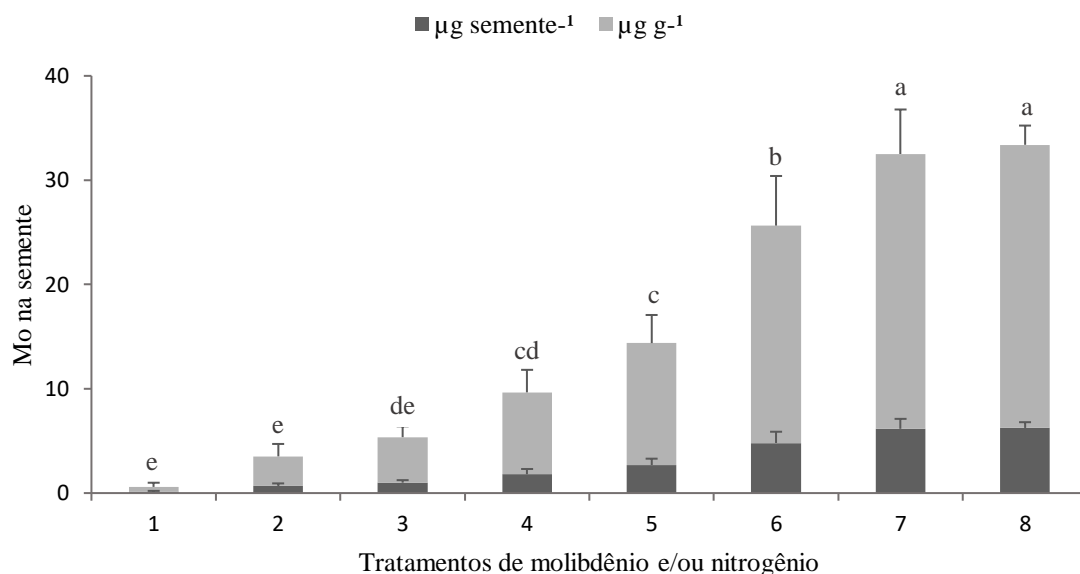


Fig. 2. Efeitos dos tratamentos no teor (■) e no conteúdo de molibdênio (■) nas sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho) colhidas em 2018. Tratamentos: 1 = sem Mo e sem N em cobertura; 2 = sem Mo e com N em cobertura; 3 = 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 4 = 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo (V4); 5 = 300 (V4) + 300 (R5); 6 = 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); 7 = 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i); 8 = 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f). V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7i = início da formação de vagens; R7f = final da formação de vagens. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias dos teores ou conteúdos de Mo seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Germinação

Em 2017, a germinação das sementes originadas de plantas adubadas com 600 g ha<sup>-1</sup> (tratamento 4) de Mo foi significativamente maior que a germinação das que se originaram de plantas que não receberam Mo (tratamentos 1 e 2) ou que receberam 90 g ha<sup>-1</sup> (tratamento 3) de Mo (Fig. 3). Em média, a germinação das sementes oriundas de plantas adubadas com 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo foi 5,7% maior que a das demais.

Em 2018, os resultados foram um pouco diferentes (Fig. 3). Apenas as sementes provenientes dos tratamentos de Mo parcelado duas ou mais vezes na fase reprodutiva (tratamentos 6, 7 e 8) apresentaram germinação significativamente mais alta (89,5%) que a germinação das sementes de plantas que não receberam Mo (tratamentos 1 e 2) ou receberam 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo (tratamento 3) (83,9%).

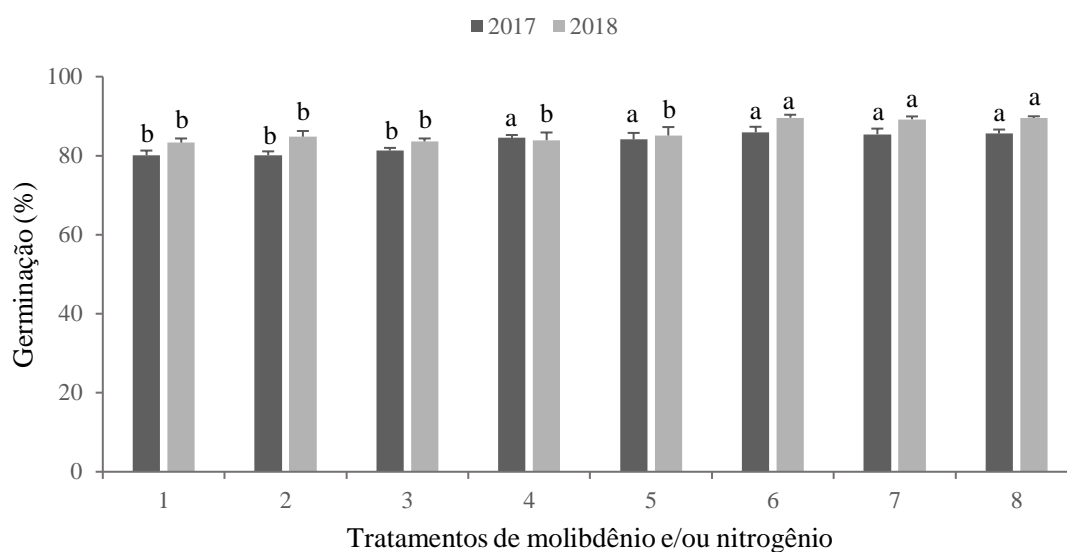


Fig. 3. Efeitos dos tratamentos na porcentagem de germinação das sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho) colhidas em 2017 (■) e 2018 (▒) Tratamentos: 1 = sem Mo e sem N em cobertura; 2 = sem Mo e com N em cobertura; 3 = 90 (V4); 4 = 600 (V4); 5 = 300 (V4) + 300 (R5); 6 = 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); 7 = 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i); 8 = 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f). V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7i = início da formação de vagens início; R7f = final da formação de vagens. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada ano, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Primeira contagem da germinação

Considerando os resultados da primeira contagem da germinação dos dois anos (Fig 4), as médias foram consistentemente mais altas quando o Mo foi parcelado três (tratamento 7) ou quatro vezes (tratamento 8) na fase reprodutiva e mais baixa no tratamento 1 (sem aplicação de Mo e N em cobertura).

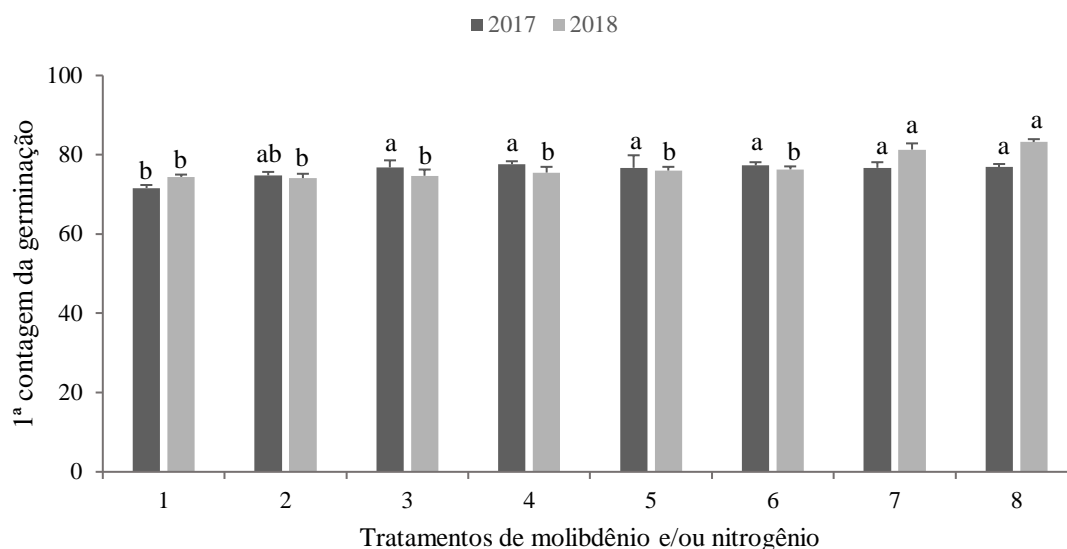


Fig. 4. Efeitos dos tratamentos na porcentagem de germinação (primeira contagem) das sementes de feijão (cultivar Ouro vermelho) colhidas em 2017 (■) e 2018 (▒). Tratamentos: 1 = sem Mo e sem N em cobertura; 2 = sem Mo e com N em cobertura; 3 = 90 (V4); 4 = 600 (V4); 5 = 300 (V4) + 300 (R5); 6 = 200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6); 7 = 150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i); 8 = 120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f). V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-floração; R6 = floração; R7i = início da formação de vagens início; R7f = final da formação de vagens. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada ano, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Efeitos médios dos tratamentos sobre as outras variáveis dependentes nos dois anos

Os tratamentos não influenciaram significativamente a produtividade de grãos, a massa de mil sementes, a condutividade elétrica e a massa das raízes secas. As médias dessas variáveis, com base na análise conjunta, são apresentadas na Tabela 7.

Houve efeito muito altamente significativo dos tratamentos no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 7). As sementes originadas das plantas que receberam Mo, independentemente de doses e épocas de aplicação, apresentaram maior porcentagem de germinação após envelhecimento em relação às que não foram pulverizadas com Mo.

Houve efeito marginalmente significativo dos tratamentos sobre o comprimento da raiz primária a 5% de probabilidade, mas o teste de Tukey não separou as médias (Tabela 7).

Tabela 7. Efeitos dos tratamentos sobre produtividade, massa e vigor das sementes de feijão (cultivar Ouro Vermelho) em Viçosa, MG (médias de 2017 e 2018).

Tratamentos de molibdênio e/ou nitrogênio (fases de desenvolvimento do feijoeiro) <sup>1</sup>	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de mil sementes (g)	Envelhecimento acelerado <sup>2</sup> (%)	Condutividade elétrica (μs cm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	Comprimento da raiz primária <sup>3</sup> (mm)	Massa das raízes secas (mg)
Testemunha (sem Mo e sem N em cobertura)	3642	275,7	74,9 b	93,8	144,5	103
Testemunha (sem Mo e com N em cobertura)	3904	279,9	74,7 b	100,5	145,5	106
90 g ha <sup>-1</sup> de Mo (V4)	3697	276,9	77,5 a	101,9	148,5	104
600 g ha <sup>-1</sup> de Mo (V4)	3938	279,4	78,0 a	100,3	149,0	105
300 (V4) + 300 (R5)	3780	279,8	77,9 a	103,3	149,8	107
200 (V4) + 200 (R5) + 200 (R6)	4022	277,4	78,5 a	98,1	148,7	101
150 (V4) + 150 (R5) + 150 (R6) + 150 (R7i)	3877	278,9	78,3 a	98,4	152,6	102
120 (V4) + 120 (R5) + 120 (R6) + 120 (R7i) + 120 (R7f)	3784	277,3	78,2 a	97,3	152,5	103
Média	3830	278,2	77,3	99,2	148,9	104
Valor de P	0,247	0,996	< 0,001	0,233	0,052	0,706

As médias das variáveis dependentes não seguidas de letras não diferem entre si;

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

<sup>1</sup>V4=terceira folha trifoliolada; R5=pré-floração; R6=floração; R7i=início da formação de vagens; R7f=final da formação de vagens;

<sup>2</sup>Sementes colocadas em temperatura de 42°C e 100% de umidade relativa por 72h;

<sup>3</sup>Medida 5 dias após o início da germinação em laboratório.

## 5. DISCUSSÃO

Nosso objetivo com este estudo foi avaliar os efeitos de parcelamentos do adubo molíbdico, aplicado via foliar em diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro, no conteúdo de Mo da semente e na qualidade fisiológica das sementes colhidas. Para tal, estudamos parcelamentos de subdoses iguais de Mo entre as fases de desenvolvimento R5 e R7, com doses que, segundo Vieira et al. (2015), não prejudicam a qualidade fisiológica da semente. No presente estudo, a primeira aplicação foi sempre feita na fase vegetativa (V4). Logo, considerando as duas fases (vegetativa e reprodutiva), foram estudados até cinco parcelamentos. Os conteúdos de Mo das sementes colhidas com esses diferentes parcelamentos também foram comparados com os conteúdos de Mo nas sementes provenientes de plantas não adubadas com Mo e N ou que receberam apenas N em cobertura.

Neste estudo, conduzido em solo com pH 5 ou 5,3, os resultados sugerem quatro parcelamentos com subdoses iguais (em V4, R5, R6 e R7) para atingir o conteúdo suficiente de Mo da semente de feijão com o uso da dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Essa dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo, aplicada em V4, R5 e R7 (100, 250 e 250 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente) no estudo de Vieira et al. (2014), foi suficiente para a maioria dos genótipos de feijão atingir o nível crítico de 3,64 µg de Mo por semente (VIEIRA et al., 2011b). Em dois estudos, também conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais, quatro parcelamentos com subdoses iguais aumentaram o conteúdo de Mo da semente de feijão em relação a dois parcelamentos. Num desses estudos (VIEIRA, SALGADO, FERREIRA, 2005), conduzido em solo com pH 5,7, foi usada a dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de Mo apenas na fase vegetativa. Nesse caso, o conteúdo de Mo na semente aumentou 1,8 vez (4 vs. 2 parcelamentos). No outro estudo (VIEIRA et al., 2010), conduzido em solo com pH 5,2, foi usada a dose de 1000 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Neste último estudo, embora quatro parcelamentos tenham aumentado o conteúdo de Mo na semente em 35% em relação a dois parcelamentos, a diferença não foi significativa. Portanto, os resultados do presente estudo, no qual foi incluído o parcelamento com três subdoses iguais, indicam, consistentemente, que quatro parcelamentos da dose de Mo pode maximizar o conteúdo de Mo nesse órgão. Ademais, os conteúdos de Mo na semente obtidos com quatro parcelamentos ficaram bem acima do nível crítico de Mo na semente para que não haja resposta das plantas à pulverização com Mo na Zona da Mata. Esses resultados sugerem que o produtor de sementes poderia usar dose de Mo menor que a usada no presente estudo, sobretudo quando são feitos quatro parcelamentos.

Além de aumentar o conteúdo de Mo da semente, o parcelamento da dose de Mo também melhorou a qualidade fisiológica da semente neste estudo, sobretudo com três ou mais parcelamentos da dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo. No estudo de Vieira et al. (2015), a dose de 255 g ha<sup>-1</sup> de Mo aplicada em R7, e especialmente dose de 200 a 300 g ha<sup>-1</sup> de Mo aplicada na fase R8, reduziram a qualidade fisiológica das sementes de feijão, em relação a doses menores que essas aplicadas em R7 e/ou R8, ou em relação à dose única de 90 ou 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo, ambas aplicadas em V4. No entanto, no presente estudo, não foi aplicado Mo na fase R8 e as doses de Mo aplicadas em R7 não ultrapassaram 150 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Com o emprego dessa metodologia, além de não haver redução da qualidade fisiológica das sementes, ocorreu uma pequena melhoria dessa característica nos dois tratamentos em que o Mo foi aplicado em R7. Outros estudos sobre os efeitos do Mo na qualidade fisiológica das sementes de feijão foram feitos no Brasil, mas as doses usadas foram baixas: 75 (BASSAN et al., 2001) ou 80 g ha<sup>-1</sup> de Mo (MEIRELES et al., 2003) e as aplicações foram feitas na fase vegetativa. Nesses dois casos, o Mo não influenciou (BASSAN et al., 2001) ou melhorou a qualidade fisiológica da semente, sobretudo quando a dose foi parcelada aos 15 e 30 dias após a emergência (MEIRELES et al., 2003).

Neste estudo, a aplicação foliar de Mo foi capaz de elevar em 57 vezes o conteúdo de Mo das sementes de feijão. No entanto, em estudo conduzido em Coimbra (Zona da Mata mineira), em solo com pH 5,5, e com doses de Mo de até 4 kg ha<sup>-1</sup> de Mo, o conteúdo de Mo na semente de feijão aumentou até 994 vezes (VIEIRA et al., 2010).

Em estudos futuros, a dose aplicada em V4 poderia ser reduzida ou eliminada, o que implicaria aumento das doses usadas na fase reprodutiva. A vantagem dessa estratégia seria diminuir ou eliminar a dose de Mo aplicada numa fase em que geralmente não há total fechamento das fileiras do feijão e, conseqüentemente, parte do Mo aplicado tem como destino o solo, e não a folhagem. Em feijoeiros do tipo III, como o usado neste estudo, o fechamento de fileiras foi de 50-60% na fase V4, 70-85% na fase R5 e 80-87% na fase R7 (VIEIRA et al., 2014). No estudo de Vieira et al. (2016), essa estratégia de diminuir a dose de Mo aplicada em V4 foi usada. Esses autores parcelaram a dose de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo em até três vezes, e a primeira aplicação foi feita em V4 com 100 g ha<sup>-1</sup> de Mo, que é a dose recomendada via foliar para corrigir deficiência desse micronutriente no solo (BERGER, VIEIRA, ARAÚJO, 1996; AMANE et al., 1999).

Nossos resultados indicam que a aplicação de N em cobertura pode estimular o acúmulo de Mo na semente, pois nesse tratamento (em que não se aplicou Mo) o acúmulo de Mo foi de

6 a 11 vezes maior em relação ao acumulado nas sementes produzidas por plantas que não receberam N em cobertura. Portanto, em trabalhos futuros, o uso de N em cobertura deveria ser estudado com mais detalhes para se tentar diminuir a dose de Mo para o enriquecimento das sementes de feijão com Mo. Um dos possíveis mecanismos que ajudam a explicar esse efeito do N em cobertura no aumento do acúmulo de Mo nas sementes é o efeito desse macronutriente no desenvolvimento de raízes (SOARES et al., 2016), que aumentariam a capacidade de absorver Mo do solo. Outro possível efeito, que pode ocorrer concomitantemente ao anterior, é o aumento da área foliar proporcionado pela adubação em cobertura com N. Nesse caso, a adubação em cobertura aumentaria a área foliar e permitiria maior interceptação da solução de Mo pela folhagem em relação às plantas que não receberam adubação em cobertura.

O cultivar Ouro Vermelho, usado neste estudo, é bom acumulador de Mo na semente (VIEIRA et al., 2014). Logo, resultados obtidos com cultivares com menor capacidade de acumular Mo nas sementes, como é o caso do cultivar Valente (VIEIRA et al., 2014), poderiam ser diferentes. É importante frisar que, conforme verificado por esses autores, sementes de feijão de grãos grandes (como as dos cultivares do tipo jalo ou pintado) podem atingir o conteúdo de 3,64 µg de Mo por semente com menor dose de Mo que a indicada para cultivares de sementes pequenas.

## **6. CONCLUSÃO**

O parcelamento do Mo em quatro vezes proporciona maior acúmulo de Mo na semente de feijão e melhora sua qualidade fisiológica. Esses resultados podem ser úteis para produtores de sementes de feijão que queiram produzir sementes ricas em Mo com baixo investimento em adubo molíbdico. Como o N em cobertura aumentou muito o conteúdo de Mo nas sementes quando não se fez adubação com Mo, o uso de N em cobertura associado com doses de Mo aplicado via foliar deveria ser incluído em estudos futuros.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, U. B.; CAMPOS, R. J.; Efeitos de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência de *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 527-534, mar. 2001.
- AMANE, M. I. V.; VIERA, C.; NOVAIS, R. F.; ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 643-650, mar. 1999.
- ARAÚJO, G. A. A., SILVA, A. A., THOMAS, A., ROCHA, P. R. R. Misturas de herbicidas com adubo molíbdico na cultura do feijão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 237-247, jul. 2008.
- ARTHUR, T. J.; TONKIN, J. H. B. Testando o vigor da semente. **Informativo ABRATES**, Londrina, PR, v. 1, n. 3, p. 38-41, 1991.
- BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B.; SÁ, M.E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v. 23, n 1, p.76-83, mar. 2001.
- BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. de A.; CASSINI, S. T. A. Peletização de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com carbonato de cálcio, rizóbio e molibdênio. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 42, n. 243 p. 562-574, abr.1995.
- BERGER, P. G.; VIEIRA, C; ARAÚJO, G. A. A. Efeitos de doses e épocas de aplicação de molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 473-480, mai. 1996.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed). **Feijão: do plantio a colheita**. Viçosa, MG, 2015. p. 9-16.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.
- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M.; MIURA, L. M.; SIBALDELLE, R. N. R.; MORAES, J. Z.; SOUZA, M. P. Compatibilidade de aplicação de inoculantes com defensivos agrícolas e micronutrientes. **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja**, 2004.
- CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. Métodos de análises de tecidos vegetais utilizados na Embrapa-Solos – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Circular Técnica**, Rio de Janeiro, RJ, 2000. 41 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Décimo levantamento, julho** de 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- CRUZ C. D. GENES – Software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivar Ouro Vermelho**. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01\\_119\\_1311200310027.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_119_1311200310027.html). Acesso em 10 de maio de 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível: <https://canalrural.uol.com.br/noticias/pesquisas-elevam-productividade-feijao-70815/>. Acesso em 18 de agosto de 2019.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro, RJ, 1975. 341p.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. A.; CARDOSO, A. A.; FONTES, P. C. R.; VIEIRA, C. Características agronômicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 25, n. 1, p. 65-72, 2003.

GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E; ROBAINA, A. D.; SOUZA, L. C. F; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR v. 28, n. 1, p. 91-97, Jan/Mar. 2006.

GUPTA, U. C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soil, plants and animals. **Advance in Agronomy**, Madison, v.34, p.73-115, 1981.

JACOB BETO, J.; FRANCO, A. A. Conteúdo de molibdenio nas sementes para auto-suficiência do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: SEMINARIO BIENAL DE PESQUISA DA UFRRJ, 4, 1988, Seropédica, RJ, [Resumos] Seropédica, RJ, UFRRJ, Departamento de Pesquisa e Pós-Graduacao. p.133, 1988.

JACOB-NETO, J.; ROSSETO, C. A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e ambiente**. Seropédica, RJ, v. 5, n. 1, p. 171-183, jan/dez. 1998.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR, 1999. 218 p.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. O controle de qualidade agregando valor à semente de soja – série sementes. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Circular Técnica**, Londrina, PR, 2008. 12 p.

KUBOTA, F. Y.; ANDRADE-NETO, A. C.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1635-1641, mai. 2008.

LEITE, U. T.; ARAÚJO, G. A. A.; MIRANDA, G. V.; VIEIRA, R. F.; CARNEIRO, J. E. S.; PIRES, A. A. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 1, p.113-120, 2007.

LEITE, U. T.; ARAÚJO, G. A. A.; MIRANDA, G. V.; VIEIRA, R. F.; PIRES, A. A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 2, p. 225-231, mar-abr. 2009.

LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: ORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W. L. (ed). **Micronutrients in agriculture**, Madison, 1972. p. 41-78.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; NETO, A. B. F. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR, 1999. p. 3.1-3.21.

MARCOS-FILHO, J. Vigor e desempenho de sementes. In: MARCOS-FILHO, J (2Ed) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina, PR, 2015. p. 563-613.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant** (2.ed), San Diego, Califórnia, abr. 1995. 889 p.

MEIRELES, R. C.; REIS, L. S.; ARAÚJO, E. F.; SOARES, A. S.; PIRES, A. A.; ARAÚJO, G. A. A. Efeito da época e do parcelamento de molibdênio, via foliar, na qualidade fisiológica das sementes de feijão. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 50, n. 292, p. 699-707, ago. 2003.

MILANI, G. L.; OLIVEIRA, J. A.; PEREIRA, E. M.; CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, G. E.; COSTA, R. R. Aplicação foliar de molibdênio durante a maturação de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 34, n. 4, p. 810-816, jul-ago. 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; NETO, A. B. F. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**, Londrina, PR, 1999. p. 2.1- 2.21.

NAKAO, A. H.; VAZQUEZ, G. H.; OLIVEIRA, C. O.; SILVA, J. C.; SOUZA, M. F. P. Aplicação foliar de molibdênio em soja: efeitos na produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, GO, v. 10, n. 18, p. 343. 2014.

PEREIRA, P. A. A. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 90, n.8, p. 41-46, jun. 1982.

PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 217-224, 2001.

RAJI, B. van. Geoquímica de micronutrientes. In: SIMPOSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, 1988, Jaboticabal, SP [**Anais**] Piracicaba, SP, p. 99-112, 1988.

REISENAUER, H. M. Relative efficiency of seed and soil applied molybdenum fertilizer. **Agronomy Journal**, Guilford Road, Madison, v. 55, n. 5, p. 459-460, 1963.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359p.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology** (4ed.), Belmont, Califórnia, 1991. 682 p.

SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; RUFINI, M.; MARTINS, F. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; REIS, R. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Agronomic and Economic Efficiency of Common-Bean Inoculation with Rhizobia and Mineral Nitrogen Fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 40, p. 1-13, 2016.

VALADÃO, F. C. D. A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A. A.; VALADÃO Jr, D. D. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v. 39, n. 4, p. 741–747, 2009.

VIDOR, C.; PERES, J. R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 1988. Londrina, PR [Anais] Londrina, PR, EMBRAPA/IAPAR/CBCS, p. 179-203, 1988.

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A. O.; ARAÚJO, G. A. de A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, SP, v.67, n. 2, p.117-124, 1992.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; Teste de condutividade elétrica In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; NETO, A.B.F. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**, Londrina, PR, 1999. p. 4.1- 4.20.

VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T.; FERREIRA, A. C. B. Performance of common bean using seeds harvested from plants fertilized with high rates of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, p. 363-377, 2005.

VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T.; ARAÚJO, R. F.; PAULA Jr, T. J de. Produção de sementes de feijão ricas em molibdênio e benefícios com seu uso. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. **Circular Técnica**, Belo Horizonte, MG, n. 12, mar. 2008.

VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T.; PIRES, A. A.; ROCHA, G. S. Conteúdo de molibdênio das sementes de feijoeiro em resposta a doses do micronutriente pulverizado sobre as plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 40, n. 3, p. 666-669, 2010.

VIEIRA, R.F.; FERREIRA, A. C.B.; PRADO, A.L. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, GO, v. 41, n.2, p. 163-169, 2011a.

VIEIRA, R. F.; PAULA JUNIOR, T. J.; PIRES, A. A.; CARNEIRO, J. E. C.; ROCHA, G. S. Common bean seed complements molybdenum utake by plants from soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 6, p. 1843-848, abr/jun. 2011b.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, T. J, CARNEIRO, J. E. S.; QUEIROZ, M. V Genotypic variability in seed accumulation of foliar-applied molybdenum to common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n.1, p. 205-213, 2014.

VIEIRA, R. F.; PAULA Jr. T. J.; PRADO, A. L.; ARAÚJO, R. F.; LEHNER, M. S.; SILVA, R. A. A aplicação foliar de molibdênio na fase de enchimento de vagens do feijão-comum pode reduzir a qualidade da semente. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 4, p. 415-419, 2015.

VIEIRA, R. F.; LIMA, R. C.; PRADO, A. L.; PAULA JÚNIOR, T. J.; SOARES, B. A. Split application of molybdc fertilizer at the reproductive stage of common bean increases the molybdenum content in seed. **Acta Scientiarum. Aronomy**, Maringá, PR v. 38, n. 4, p. 529-533, 2016.

ZIMMER, W.; MENDEL, R. Molybdenum metabolism in plants. **Plant Biology**, New York, v. 1, p. 160-168, 1999.