

JAINÉ APARECIDA DE CAMARGO DIAS

**ENRIQUECIMENTO DE SEMENTES DE ERVILHA COM
MOLIBDÊNIO, FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE NITROGÊNIO,
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES.**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JAINÉ APARECIDA DE CAMARGO DIAS

**ENRIQUECIMENTO DE SEMENTES DE ERVILHA COM MOLIBDÊNIO,
FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE NITROGÊNIO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE
SEMENTES.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
do Campus de Ilha Solteira – UNESP, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Doutora em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- D541e Dias, Jaine Aparecida de Camargo.
Enriquecimento de sementes de ervilha com molibdênio, fixação simbiótica de nitrogênio, produção e qualidade de sementes / Jaine Aparecida de Camargo Dias. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
76 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2017
- Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Inclui bibliografia
1. Pisum sativum. 2. Qualidade fisiológica. 3. Micronutrientes. 4. Aplicação foliar. 5. Adubação molíbdica.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Enriquecimento de sementes de ervilha com molibdênio, fixação simbiótica de nitrogênio, produção e qualidade de sementes

AUTORA: JAINE APARECIDA DE CAMARGO DIAS

ORIENTADOR: MARCO EUSTAQUIO DE SA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. FABIANA LIMA ABRANTES

Programa de Pós-graduação em Agronomia / Universidade do Oeste Paulista


Prof. Dr. CECI CASTILHO CUSTODIO

Programa de Pós-graduação em Agronomia / Universidade do Oeste Paulista

Ilha Solteira, 02 de março de 2017

Dedico

*Aos meus pais,
Paulo Pereira de Camargo e Fátima
Aparecida Lemos de Camargo pelo
exemplo, incentivo, amor, carinho, apoio e
dedicação todos os dias de minha vida.*

Ofereço

*Ao meu esposo, Sérgio Lacerda Dias e aos meus filhos, Diéssica Camargo Lacerda
Dias e Paulo Sérgio Camargo Lacerda Dias pelo amor, carinho, apoio, incentivo e
confiança em minha jornada.*

Agradecimentos

A Deus por me amparar durante toda a caminhada e por ter me permitido o convívio com pessoas mais que especiais.

Aos meus pais, Paulo Pereira de Camargo e Fátima Aparecida Lemos de Camargo, cujo apoio, carinho e principalmente incentivo e confiança foram primordiais durante toda minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá, pela confiança, amizade, oportunidade, competência e ensinamentos. Principalmente por ser mais que orientador, sendo um pai para mim, nunca vou esquecer o que o senhor fez, tenho um orgulho imenso em ser sua orientada, serei eternamente grata.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Ilha Solteira-SP e a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Sistema de Produção” pela oportunidade da realização deste curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes – pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação: Marcinha, Onilda, Rafael (in memorian) e Graciele por serem tão solícitos e atenciosos.

Aos bibliotecários pela dedicação e atenção dispensadas.

Aos técnicos de laboratório Alexandre Marques da Silva e Selma Maria Bozzite de Moraes, que fizeram tudo para colaborar para o sucesso das minhas pesquisas, que muito mais que profissionais, são meus verdadeiros amigos, vocês estarão sempre em meu coração.

Aos anjos Juliana Aparecida de Souza, Fabiana Alvão dos Santos, Amanda Ribeiro Peres, Karla Sena, Elton Araújo, Renato Jaqueto Goes, os quais Deus colocou no meu caminho. Mil vezes obrigada.

Aos meus amigos, Flávia Mendes S. Lourenço, Gustavo Roberto Fonseca de Oliveira (Matias), Tiago de Lisboa Parente, Sheila Caioni, Elizabete Rocha,

Suzana Lúcia Proença os quais colaboraram em mais essa etapa, tornando os meus dias mais felizes.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira, em especial ao Alvino Silva, cuja contribuição foi essencial para o sucesso desse trabalho.

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

*O insucesso é apenas uma
oportunidade para recomeçar com
mais inteligência.*

Henry Ford

RESUMO

A utilização de sementes ricas em molibdênio se constitui numa técnica promissora para sanar as deficiências desse micronutriente, o qual é importante para a fixação biológica do nitrogênio e metabolismo vegetal. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade das plantas, o teor de molibdênio e a qualidade fisiológica das sementes em resposta às fontes, doses e épocas de aplicação foliar de molibdênio, bem como, o grau de nodulação das plantas originadas de sementes enriquecidas com molibdênio. Para tanto, foi conduzido um experimento na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria - MS, no período de outono e inverno de 2015 e de 2016. O delineamento experimental utilizado nessa fase foi em blocos casualizados com os tratamentos distribuídos no arranjo fatorial 2 x 5 x 2 (duas fontes de molibdênio (molibdato de amônio com 81% de Mo e produto Geoclean com 15 % de Mo), cinco doses de Mo (0, 300, 600, 900 e 1.500 g ha⁻¹) e duas épocas de aplicação (V4.6 e R1)), totalizando 20 tratamentos com quatro repetições. Foram avaliadas o número de vagens por planta, número de sementes por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e a produtividade de grãos. Posteriormente, foram avaliados a qualidade fisiológica (germinação e vigor) e nutricional (teor de proteínas e molibdênio) das sementes colhidas, assim como, o potencial de formação de nódulos das plantas originadas por sementes, enriquecidas por molibdênio na fase de campo. Para averiguar a qualidade fisiológica, o delineamento foi o inteiramente casualizado, com os mesmos 20 tratamentos e 4 repetições. Ainda, foram avaliados o teor de molibdênio nas sementes, qualidade nutricional e teores de macronutrientes. Na investigação do potencial de nodulação, o experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com os 20 tratamentos, com as sementes obtidas da fase de campo, sendo inoculadas e semeadas em caixas plásticas contendo composto orgânico, semeando-se 20 sementes por caixa. Concluiu-se que as doses crescentes de molibdênio proporcionaram o enriquecimento do nutriente nas sementes de ervilha. A aplicação de molibdênio em ervilha deve ser efetuada no estágio R1. O produto Geoclean proporcionou maior acúmulo do nutriente, assim como, interferiu de forma positiva para a maioria dos atributos referentes à qualidade fisiológica das sementes de ervilha. A aplicação de molibdênio não promoveu aumento na produtividade de sementes de ervilha. O uso de sementes enriquecidas com Mo não favoreceu o processo de nodulação da ervilha.

Palavras-chave: *Pisum sativum*. Qualidade fisiológica. Micronutrientes. Aplicação foliar. Adubação molíbdica.

ABSTRACT

The use of molybdenum-rich seeds constitutes a promising technique to remedy the deficiencies of this micronutrient, which is important for biological nitrogen fixation and plant metabolism. The objective of this work was to evaluate the plant productivity, molybdenum content and physiological quality of seeds in response to molybdenum foliar application, doses and times, as well as the degree of nodulation of the plants originated from seeds enriched with molybdenum. For that, an experiment was carried out in the experimental area of the Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira, located in the country de Selvíria, MS, during the autumn and winter of 2015 and 2016. The experimental design used in this phase was randomized blocks with treatments distributed in the factorial arrangement 2 x 5 x 2 (two sources of molybdenum (ammonium molybdate with 81% Mo and Geoclean product with 15% Mo), five doses of Mo (0, 300, 600, 900 and 1,500 g ha⁻¹) and two application times (V4.6 and R1), totaling 20 treatments with four replicates. The number of pods per plant, number of seeds per plant, number of seeds per pod, mass of 100 seeds and grain yield were evaluated. Afterwards, the physiological (germination and vigor) and nutritional quality (protein and molybdenum content) of the harvested seeds were evaluated, as well as the potential for nodule formation of seedlings enriched by molybdenum in the field phase. To determine the physiological quality, the design was completely randomized, with the same 20 treatments and 4 replicates. Also, the molybdenum content in the seeds, nutritional quality and macronutrient contents were evaluated. In the investigation of nodulation potential, the experiment was conducted under greenhouse conditions, in a completely randomized design with the 20 treatments, with the seeds obtained from the field phase, being inoculated and seeded in plastic boxes containing organic compound, 20 seeds per carton. It was concluded that increasing doses of molybdenum provided nutrient enrichment in pea seeds. The application of molybdenum to pea must be carried out at stage R1. The product Geoclean provided greater accumulation of the nutrient, as well as, it interfered in a positive way for most of the attributes related to the physiological quality of the pea seeds. The application of molybdenum did not promote increase in pea seed productivity. The use of seeds enriched with Mo did not favor the process of nodulation of the pea.

Keywords: *Pisum sativum*. Physiological quality. Micronutrients. Foliar application. Molybdenum fertilization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2015.....	24
Tabela 2 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2016.....	24
Tabela 3 - Valores médios obtidos para macronutrientes (N, P, K e Ca) nas folhas de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2016.	32
Tabela 4 - Valores médios obtidos para macronutrientes (Mg e S) e teor de molibdênio (Mo) nas folhas de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2016.	35
Tabela 5 - Valores médios obtidos para altura de plantas (AP), número de vagem por planta (NV) e número de sementes por vagem (NSV), de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.....	39
Tabela 6 - Valores médios obtidos para número de sementes por planta (NSP), massa de 100 sementes e produtividade de sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.	41
Tabela 7 - Valores médios obtidos para primeira contagem da germinação (PC), germinação (Teste padrão (G)), índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.	44
Tabela 8 - Valores médios obtidos para comprimento de plântulas (CPG) e massa seca de plântulas (MSPG) de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.	47
Tabela 9 - Valores médios obtidos para envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.	50
Tabela 10 - Valores médios obtidos para emergência de plântulas em areia (EAR), comprimento de plântulas emergidas em areia (CPA), massa seca de plântulas emergidas em areia (MSPA) de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.....	52
Tabela 11 - Valores médios obtidos para teores de molibdênio na plântula inteira (Mo) de ervilha emergida em areia, em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.	55
Tabela 12 - Valores médios obtidos para os teores dos macronutrientes N, P, K e Ca em sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.....	58
Tabela 13 - Valores médios obtidos para os teores dos macronutrientes Mg e S e do micronutriente Mo em sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.	61
Tabela 14 - Valores médios obtidos para teores de proteína nas sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Ervilha	14
2.2	Fixação biológica do nitrogênio	14
2.3	Molibdênio no solo e na planta	15
2.4	Métodos de aplicação de molibdênio	17
2.5	Enriquecimento de sementes com molibdênio	18
2.6	Qualidade fisiológica de sementes	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Área experimental	23
3.2	Delineamento experimental e tratamentos na fase de campo	24
3.3	Semeadura e aplicação do molibdênio	25
3.3.1	<i>Primeiro ano (2015)</i>	25
3.3.2	<i>Segundo ano (2016)</i>	25
3.4	Tratos culturais	26
3.5	Avaliações realizadas	26
3.6	Concentração de nutrientes no tecido foliar de ervilha	26
3.7	Avaliações fitotécnicas	27
3.8	Germinação e vigor das sementes de ervilha	27
3.8.1	<i>Teste de germinação</i>	28
3.8.2	<i>Primeira contagem</i>	28
3.8.3	<i>Índice de velocidade de germinação</i>	28
3.8.4	<i>Comprimento de plântulas</i>	29
3.8.5	<i>Massa seca de plântulas</i>	29
3.8.6	<i>Envelhecimento acelerado</i>	29
3.8.7	<i>Condutividade elétrica</i>	29
3.8.8	<i>Emergência em areia</i>	30
3.8.9	<i>Teor de Molibdênio de plântulas emergidas em areia</i>	30
3.9	Concentração de nutrientes nas sementes de ervilha	30
3.9.1	<i>Teor de proteínas nos grãos de ervilha</i>	31
3.10	Potencial de nodulação	31
3.10.1	<i>Número e massa da matéria seca dos nódulos por planta</i>	31
3.11	Análises dos resultados	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Concentração de nutrientes na folha de ervilha	32

4.2	Características morfológicas, componentes da produção e produtividade de ervilha	38
4.3	Qualidade fisiológica das sementes	43
4.3.1	<i>Germinação</i>	43
4.3.2	<i>Emergência em areia</i>	51
4.4	Concentração de nutrientes nas sementes de ervilha (2015 e 2016)	57
4.5	Potencial de nodulação	66
5	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

A ervilha é uma leguminosa que pode ser destinada à produção de vagens comestíveis ou na forma de grãos, possuindo grande utilização na Europa devido ao seu elevado valor nutritivo e energético. No Brasil, a área plantada com ervilha (grão) em 2015, foi de 1.373 ha, com uma produção de 2.561 toneladas, apresentando produtividade média de 1.865 kg ha^{-1} (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015).

Os cultivares de ervilha verde são próprios para colheita de grãos verdes, visando ao imediato congelamento e/ou enlatamento (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2015).

Embora se trate de uma cultura de clima ameno, a ervilha apresenta potencial para se expandir para a região do Cerrado, entretanto, as condições relativas a nutrientes na mesma, podem ser limitantes para o desenvolvimento dessa leguminosa, principalmente no que se refere à adubação nitrogenada, uma vez que, dentre os nutrientes a maior demanda é por nitrogênio, sendo extraídos aproximadamente 80 kg ha^{-1} (SANTOS; HAAG; SARRUGE, 1972).

A ervilha, assim como as demais leguminosas, pode associar-se simbioticamente com *Rhizobium leguminosarum* e se beneficiar da fixação do N_2 atmosférico, o que por consequente, reduz o custo de produção, além de diminuir os riscos de contaminação do lençol freático e dos mananciais de água, pelo uso intensivo dos fertilizantes nitrogenados em cultivos sucessivos (AZEVEDO et al., 2002).

O molibdênio se constitui num micronutriente essencial para a fixação do N_2 (MALAVOLTA, 1981), posto o mesmo fazer parte do metabolismo nitrogenado, atuando tanto na redução do nitrato a nitrito, quanto na nitrogenase. Assim, o suprimento adequado desse nutriente à cultura, se constitui numa ferramenta indispensável para maximizar o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Corroborando com esse relato, Campo e Hungria (2003) afirmaram que o Mo é indispensável para o processo de FBN, e embora, sua aplicação na semente seja importante, pode reduzir a sobrevivência da bactéria na semente, reduzindo a nodulação. Os mesmos autores acrescentaram que o uso de sementes enriquecidas com Mo aumenta a eficiência da FBN e a produtividade da soja, podendo esse enriquecimento ser proporcionado via aplicação foliar e que, o aumento do teor de Mo nas sementes, é proporcional às doses aplicadas.

Ascoli, Soratto e Maruyama (2008) verificaram o efeito de doses e épocas de aplicação de molibdênio, realizando aplicação foliar (0, 40, 80 e 160 g ha^{-1} de Mo), em duas

épocas (15 ou 26 DAE (dias após a emergência)) e observaram que, a germinação das sementes do feijoeiro “Pérola” foi aumentada em função da aplicação de Mo aos 26 DAE.

Para o enriquecimento de sementes de soja recomenda-se se realizar duas aplicações de 400 g de Mo, utilizando-se uma fonte solúvel em água, entre os estádios R3 e R5-4, com intervalo de no mínimo 10 dias (TECNOLOGIAS..., 2006).

No caso da ervilha, pouca informação se tem sobre o assunto, e muito embora a cultura responda bem a aplicação de N, é fundamental que se façam estudos sobre a fixação simbiótica do N, uma vez que o processo pode trazer relevantes benefícios para os produtores.

Considerando a importância do molibdênio para a fixação simbiótica de nitrogênio, este trabalho teve o objetivo de avaliar a produtividade das plantas, o teor de molibdênio e a qualidade fisiológica das sementes em resposta às fontes, doses e épocas de aplicação foliar de molibdênio, bem como, o grau de nodulação das plantas originadas de sementes enriquecidas com molibdênio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ervilha

A ervilha (*Pisum sativum*) é uma leguminosa de ciclo anual, tem como centro de origem o Continente Europeu, sendo também comum em parte da Ásia. O cultivo dessa leguminosa se adapta melhor a regiões serranas ou de planalto, as quais apresentam altitude próxima a 1.000 m. Exige temperaturas amenas ou frias, entretanto, não suporta geada por ocasião do florescimento e frutificação. A semeadura deve ser efetuada, preferencialmente em abril, porém, pode ser realizada de março até meados de maio. A colheita em períodos chuvosos pode comprometer a qualidade dos grãos (FILGUEIRA, 2002).

No Brasil, adaptou-se muito bem a região sul e, posteriormente, às condições de Cerrado, onde se obtém uma produtividade maior do que em qualquer outra região do país (RURALNEWS, 2015).

Conhecida como alimento desde épocas muito remotas na forma de grãos secos (inteiros ou moídos), somente a partir do século 18, a ervilha verde, recém-colhida passou a ser consumida na alimentação humana. Essa leguminosa, assim como as demais, apresenta a capacidade de fixar no solo o nitrogênio que retira do ar. Essa habilidade pode ser potencializada mediante a utilização da inoculação com rizóbio (GIORDANO et al., 1993).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o mais requerido por essa leguminosa, posto que, segundo Furlani et al. (1978) durante um ciclo da cultura são exportados cerca de 40 kg de N por tonelada de grãos, fazendo-se necessário a busca por estratégias que possibilitem maximizar a fixação biológica do nitrogênio, o que por consequente acarretará em menores custos com a adubação nitrogenada.

2.2 Fixação biológica do nitrogênio

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) se constitui num processo bioquímico onde o nitrogênio atmosférico é incorporado diretamente às plantas, após ser transformado em amônia (LOMBARDI, 1999). Os microrganismos fixadores são procariotos e atuam por meio do complexo nitrogenase, o qual hidrolisa 16 adenosinas trifosfato (ATP) e transfere oito elétrons por molécula de N₂ fixado, sendo este, um dos processos metabólicos mais caros para a célula (REIS et al., 2006).

Associado à ampla variedade de estirpes de rizóbio que se encontram no solo, diversos fatores são determinantes na nodulação ou fixação biológica do N_2 por leguminosas, destacando-se a tensão da água, teor de O_2 no nódulo, temperatura e pH do solo, salinidade, toxinas e predadores (KAMICKER; BRILL, 1986; FAGAN et al., 2007). A utilização de N mineral também pode ocasionar efeitos negativos na nodulação (BACHEGA, 2015).

A simbiose entre rizóbios e leguminosas não é obrigatória, uma vez que essas bactérias ocorrem como organismos de vida livre no solo, porém, em condições de escassez de nitrogênio, os simbiossitos procuram uns aos outros através de uma troca de sinais elaborados. Assim, a sinalização, o processo de infecção e o desenvolvimento dos nódulos fixadores de N_2 envolvem genes específicos tanto por parte da planta hospedeira quanto do simbiossita (TAIZ; ZEIGER, 2004). Cada espécie de leguminosa libera compostos fenólicos (flavonóides) que ativam os genes de nodulação das bactérias, estimulando assim, sua multiplicação e aderência às raízes (RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006).

O molibdênio é um micronutriente essencial para fixação do N_2 (MALAVOLTA, 1981). Portanto, o fornecimento adequado desse nutriente à cultura é extremamente importante, posto que o mesmo exerce papel vital na fixação de nitrogênio pelos rizóbios e na assimilação do nitrato absorvido do solo pela cultura (MARSCHNER, 1986; ARAÚJO, 1994).

A fixação biológica do N é a forma mais eficiente e ambientalmente correta de fornecimento desse nutriente às culturas (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2014). Os autores ressaltaram ainda que, o N proveniente da fixação biológica, é transferido de maneira mais eficiente para os grãos, isto quando comparado com o N proveniente de adubos. Estratégias que viabilizem a FBN podem proporcionar aumento de produtividade, assim como, contribuir para minimizar a emissão dos Gases de Efeito Estufa, atenuando os efeitos das mudanças climáticas (MAPA, 2012). Outro fator importante a ser mencionado em relação às vantagens da FBN refere-se ao aspecto econômico, uma vez que, a mesma contribui com 65% do nitrogênio introduzido nos sistemas agrícolas no mundo (REIS et al., 2006)

2.3 Molibdênio no solo e na planta

A importância do Mo para o processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) foi descrita, primeiramente, por Bortels (1930), que demonstrou que *Azotobacter vinelandii*, quando inoculada em meio de cultura sem N combinado, necessitava de Mo para crescer, fato que não ocorria se a fonte de N do meio de cultura fosse o amônio.

Quanto ao teor de molibdênio total nos solos, este se encontra na faixa de 0,5 a 5,0 mg kg⁻¹, ocorrendo nas seguintes formas: solúvel na solução do solo, adsorvido na fração coloidal, retido na rede cristalina dos minerais primários e quelado à matéria orgânica (GUPTA; LIPSETT, 1981 citado por MARCONDES, 2001). Segundo Raij et al. (1987), a fração de molibdênio disponível às plantas é constituída por este micronutriente na solução do solo, adsorvido à superfície de sesquióxidos (especialmente do Fe) e de compostos cristalinos de baixa solubilidade e também complexado à matéria orgânica.

Dentre os nutrientes minerais, o molibdênio é o requerido em menor quantidade pelas plantas (menos de 1 mg kg⁻¹ de Mo na matéria seca da planta, o que equivale, em geral, de 40 a 50 g ha⁻¹ para suprir as necessidades da maioria das culturas) (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Entretanto, a disponibilidade do molibdênio às plantas pode ser alterada em condições de pH baixo, ou seja, menor que 5,5 ou 5,0, ao passo que maior disponibilidade ocorre em pH acima de 7,0 (ABREU et al., 2007). Estes autores relataram ainda que, o Mo está presente na solução do solo como molibdato (MoO_4^{2-}), sendo esta a forma absorvida pelas plantas, e como HMoO_4^- , em condições ácidas. Sendo que nestas condições o ferro e o alumínio são os mais responsáveis pela diminuição da disponibilidade de Mo, assim em solos ricos em Fe e Al as aplicações do micronutriente em questão devem ser frequentes (MALAVOLTA, 1981). O comportamento do fosfato e do molibdato em solos ácidos é semelhante em relação à forte adsorção aos óxidos hidratados de ferro, assim, na absorção, o molibdato compete com o sulfato (PRADO, 2008).

O molibdênio apresenta participação importante em dois fatores do metabolismo nitrogenado, assim sendo, este elemento participa da redutase do nitrato, onde o nitrato (NO_3^-) é reduzido a nitrito (NO_2^-), assim como, da nitrogenase, processo pelo qual bactérias fixadoras de nitrogênio convertem o gás dinitrogênio (N_2) em amônia (NH_3) (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Segundo Wendling e Gatto (2012), o Mo atua na síntese de enzimas e na fixação do nitrogênio atmosférico.

Mahler e Bull (1982) ressaltaram que leguminosas exigem maior quantidade de molibdênio do que os cereais em função do papel desse micronutriente na fixação do N, sendo assim, mais sensível a baixos níveis de Mo no solo. Do mesmo modo, Dechen et al. (1991) relataram que a importância do Mo para as leguminosas consiste em sua relação direta com o processo biológico de fixação do nitrogênio.

A deficiência de micronutrientes nas culturas, especialmente a de Mo, se constitui numa preocupação crescente, especialmente em solos do Bioma Cerrado, posto que os Latossolos representem 46% deste bioma, e por sua vez, esse tipo de solo, geralmente, é rico

em óxidos de ferro e alumínio, apresenta baixa reserva de nutrientes para as plantas, em função da baixa a média CTC e com pH situando entre 4,0 a 5,5 (SPERA; CORREIA; REATTO, 2006), sendo estas condições prejudiciais à disponibilidade de Mo às plantas, uma vez que este elemento é requerido no processo de FBN, o que por conseguinte poderá resultar na redução da produtividade.

2.4 Métodos de aplicação de molibdênio

Sfredo e Oliveira (2010) afirmaram que diversos estudos apontam a deficiência de nutrientes no solo em diversas regiões do Brasil, destacando-se os solos de Cerrado, especialmente no que se refere aos micronutrientes, e dentre estes o molibdênio. Entretanto, a forma mais adequada de disponibilizá-lo às culturas é bastante discutida na literatura.

Com relação à forma de aplicação da adubação molíbdica, Lima (2009) relatou que a mesma pode ser efetuada via solo, foliar ou via semente, sendo esta por imersão em solução aquosa, por peletização ou por enriquecimento da semente com Mo pela translocação desse nutriente durante o período de formação da mesma.

De acordo com Albino e Campo (2001), a prática da peletização não vem sendo mais adotada, uma vez que o pélete pode dificultar as trocas gasosas da semente, prejudicando-a na germinação. Quanto à utilização do Mo aplicado via semente por solução aquosa, Campo e Lantmann (1998) avaliaram os efeitos do Zn, Co, B e Mo em três solos (Latossolo Roxo eutrófico - LRe; Latossolo Vermelho-Escuro álico - LEa e Latossolo Roxo distrófico - LRd) cultivados com soja por mais de oito anos, e observaram que a adição de Mo nos solos LRe e LEa aumentaram a eficiência de fixação biológica do N_2 e a produtividade da soja. Por outro lado, Marcondes e Caires (2005) estudaram o efeito de doses de cobalto e de molibdênio na cultura da soja, via semente e, não observaram respostas positivas quanto à influência do Mo na nodulação da planta, na concentração de nitrogênio nas folhas e nos grãos, assim como, no acúmulo de nitrogênio pela parte aérea e na produtividade de grãos.

Hungria, Campo e Mendes (2007) listaram alguns problemas referentes à aplicação de micronutrientes no tratamento das sementes, em que a sobrevivência da bactéria, a nodulação e a eficiência da fixação do N_2 podem ser alteradas drasticamente devido à aplicação nas sementes, de formulações salinas, ou com baixo pH. Com o intuito de se evitar tais inconvenientes, Sfredo e Oliveira (2010) sugerem que os micronutrientes sejam aplicados via foliar. Lima (2009) salientou que a absorção do Mo pela planta é favorecida quando

pulverizado na folhagem, pois o seu aproveitamento é mais rápido, porque não ocorre fixação à semelhança de quando a sua aplicação é feita no solo.

Diversos estudos vêm reforçando a eficiência da aplicação de Mo via foliar. Pessoa et al. (2001), estudando a resposta do feijoeiro à adubação foliar com molibdênio, observaram aumento nas atividades da nitrogenase e da redutase do nitrato, proporcionando maiores teores de N nas folhas e maior produtividade. Sendo que, a eficiência máxima foi alcançada quando se utilizou 80 g ha⁻¹ de Mo, com produtividade de grãos 3,23 vezes maior que a da testemunha (sem Mo).

Ascoli, Soratto e Maruyama (2008) avaliaram o efeito de doses e épocas de aplicação de molibdênio, via foliar, na produtividade e qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro 'Pérola' irrigado, e constataram que a germinação das sementes do feijoeiro foi aumentada pela aplicação de Mo aos 26 dias após a emergência das plântulas. Observaram ainda que, a aplicação foliar do micronutriente aumentou a produtividade do feijoeiro e promoveu a obtenção de sementes que originaram plântulas com maior desenvolvimento inicial.

Polvani et al. (2012) trabalhando com o cultivar de soja CODETEC 255 RR submetidas à adubação foliar com Mo em diferentes doses (0, 10, 20, 30 e 40 g ha⁻¹), verificaram que o nutriente em estudo interferiu no desenvolvimento da nodulação, embora, tenha ocorrido uma diminuição no número de nódulos conforme foi aumentada a dose, entretanto, houve aumento do diâmetro e massa dos mesmos quando se utilizou 20 g ha⁻¹, sendo esta a dose mais eficiente na fixação biológica de nitrogênio.

2.5 Enriquecimento de sementes com molibdênio

Os resultados demonstrados na literatura mostram a necessidade de mais estudos no intuito de averiguar o efeito do molibdênio no enriquecimento de sementes, posto que os mesmos tenham se apresentado bastante variáveis, e são escassos com a cultura da ervilha verde.

A concentração de nutrientes minerais nas sementes também pode alterar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico das plantas por elas geradas, principalmente no caso das leguminosas (FRANCO; DAY, 1980; FRANCO; MUNNS, 1981; JACOB-NETO; ROSSETO, 1998). Assim sendo, vêm sendo realizados estudos no intuito de elucidar os efeitos do molibdênio, mediante o enriquecimento de sementes, no processo de FBN.

O enriquecimento de sementes pode ser realizado durante o desenvolvimento da planta mãe, posto que, Carvalho e Nakagawa (2000) verificaram que a fertilidade do solo, no qual a

planta se desenvolve, influencia a composição química das plantas e das sementes em desenvolvimento. Assim, especialmente para os micronutrientes, como Mo, a reserva interna da semente é suficiente para que a planta originada dela possa crescer sem dependência externa (JACOB-NETO; ROSSETO, 1998).

Campo e Hungria (2002), analisando a importância dos micronutrientes na fixação biológica do N_2 , observaram que sementes de soja mais ricas em Mo, até teores de $11,8 \mu\text{g g}^{-1}$, apresentaram N total nos grãos e produtividade de grãos superiores aos tratamentos com as sementes pobres em Mo ($1,3 \mu\text{g g}^{-1}$). Relataram ainda que, plantas de soja provenientes de sementes mais enriquecidas com Mo foram menos suscetíveis ao déficit hídrico.

Melo Filho (2008), averiguando o efeito do Mo sobre dois cultivares de feijão (Carioca e o Rosinha), sob o efeito de sete doses de Mo (0, 20, 40, 80, 160, 240 e 320 g ha^{-1}), verificou que a aplicação foliar do micronutriente na maior dose influenciou significativamente seu teor na folha e na semente, em relação à testemunha. Enquanto que, quanto à produtividade de grãos, houve um incremento de 66,9%, quando se utilizou 126 g ha^{-1} de Mo, em relação ao tratamento sem Mo, porém, não foi observada influência no teor de N total nas folhas e nas sementes.

Nakao et al. (2014) trabalhando com a soja, cultivar BRS Valiosa RR, e avaliando doses e épocas de aplicação de Mo, no enriquecimento de sementes, constataram que a aplicação foliar, interferiu na produtividade e na qualidade fisiológica das sementes de soja de forma crescente até a dose de 800 g ha^{-1} do nutriente.

Nogueira (2008) analisando o efeito da aplicação foliar do boro, molibdênio e zinco na qualidade de grãos de ervilha e sua produtividade, não observou resultados significativos em relação à produtividade, acrescentando que a aplicação foliar de B + Mo proporcionou apenas aumento no conteúdo de magnésio nos grãos, ao passo que, B + Mo + Zn aumentou o conteúdo de cobre.

Milani (2007), avaliando a nodulação e o desenvolvimento das plantas de soja oriundas de plantas que receberam aplicação foliar de doses de Mo, constatou que plantas provenientes de sementes enriquecidas ou tratadas com Mo possuem maior acúmulo de N nas folhas e, quanto ao número de nódulos por planta, o menor valor foi observado quando as sementes foram tratadas diretamente com Mo (Testemunha + Mo). Lima (2009) verificou o efeito de doses de molibdênio sobre a qualidade fisiológica das sementes e a produtividade em três gerações de cultivo do feijoeiro Ouro Vermelho e do feijoeiro Ouro Branco e observou que as doses de Mo influenciaram positivamente a qualidade fisiológica das sementes enriquecidas, somente da 1ª e da 2ª gerações.

Fonseca (2006) investigou o enriquecimento de sementes de soja com molibdênio, aplicado via foliar no estágio reprodutivo, na forma de molibdato de potássio e concluiu que a aplicação do nutriente no estágio reprodutivo (R5.1), foi eficiente em fornecê-lo para as plantas e obter sementes ricas em molibdênio.

2.6 Qualidade fisiológica de sementes

O Brasil possui uma indústria de sementes sólida, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da China. Com um parque sementeiro bastante diversificado, o país é referência no desenvolvimento de materiais adaptados a condições tropicais e subtropicais. A safra brasileira de sementes saltou de 1,8 milhão de toneladas, na safra de 2005/06, para quase 4 milhões de toneladas de sementes, na safra 2015/16 (ABRASEM, 2017).

Para a obtenção de sementes com alta qualidade, todas as etapas do processo de produção de sementes são igualmente importantes, assim como, para a produção agrícola comercial, porém, os cuidados e o nível tecnológico dirigido à produção das sementes são mais apurados (MARCOS FILHO, 2015).

A qualidade das sementes é constituída pelo somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários. Assim, a qualidade genética consiste, dentre outros, nos atributos de pureza varietal, homogeneidade, potencial de produtividade, resistência a doenças e insetos, precocidade e qualidade do produto. Quanto à qualidade física, esta engloba a pureza e a condição física da semente, enquanto que, a pureza física é caracterizada pela proporção de componentes físicos presentes nos lotes de sementes, assim como, sementes puras, sementes silvestres, outras sementes cultivadas e substâncias inertes. Enquanto, a condição física compreende o teor de umidade, tamanho, cor, densidade, aparência, injúrias mecânicas e causadas por insetos, infecções ocasionadas por doenças e uniformidade quanto a estas características. A qualidade sanitária refere-se à condição da semente quanto à presença e grau de ocorrência de fungos, vírus, insetos, dentre outros organismos que causam doenças ou injúrias à semente. Com relação à qualidade fisiológica, esta refere-se à capacidade da semente de desempenhar funções vitais, caracterizada pela sua germinação, vigor e sua longevidade (POPINIGIS, 1985).

A qualidade fisiológica das sementes é verificada em função da avaliação de seu poder germinativo e através de testes de vigor. Sendo que, este último reflete a manifestação de um conjunto de características que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme das plântulas, assim, o desenvolvimento de apenas um teste que indique com

precisão, o desempenho das sementes expostas às mais variadas situações é praticamente impossível (MARCOS FILHO, 2015).

A qualidade das sementes tem grande influência no sucesso ou fracasso da cultura, posto que é na semente, que estão contidas as potencialidades produtivas da planta, e é através dela que os aperfeiçoamentos introduzidos pelo melhoramento genético são levados até o agricultor (SÁ, 1994). Assim, a utilização de sementes de boa qualidade é fundamental para o estabelecimento adequado da cultura no campo, o que, por conseguinte, resulta em maiores produtividades. Entretanto, muitos fatores podem afetar a qualidade das sementes, como por exemplo, a adubação (SOUZA, 2015). A concentração de nutrientes minerais das sementes pode afetar o potencial de armazenamento, o desenvolvimento inicial, a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (leguminosas), assim como, a produção de grãos das plantas por elas geradas (JACOB-NETO, 1998). Dentre os nutrientes, destaca-se o molibdênio, posto sua essencialidade, no metabolismo nitrogenado e também ao fato de que, dentre os micronutrientes, o molibdênio é o único, que a quantidade presente na semente, é o bastante para que ocorra o crescimento normal da planta, sendo que para a ervilha, a reserva da semente pode ser suficiente para as necessidades de duas gerações (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Com relação à qualidade fisiológica das sementes Guerra et al. (2006) avaliaram o efeito da aplicação de doses de fósforo (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), molibdênio (0, 25, 50 e 100 g ha⁻¹) e cobalto (0 e 1,0 g ha⁻¹) na qualidade fisiológica de sementes da geração subsequente na cultura da soja, e observaram que a aplicação de molibdênio e cobalto via sementes proporcionou aumento na germinação, determinada pelo teste de germinação e a emergência a campo das sementes. Jacob-Neto (1985) trabalhando com dois solos ácidos, mostrou que aplicação foliar é mais eficiente em aumentar a concentração de Mo nas sementes que a adição de Mo ao solo.

Leite et al. (2009) constataram que a dose ótima de Mo para a produção de sementes de feijão de elevada qualidade fisiológica foi de 600 e 1.200 g ha⁻¹ de Mo, para feijões dos cultivares Meia Noite e Novo Jalo, respectivamente.

Lima (2009) analisou o efeito do molibdênio na qualidade fisiológica de sementes de dois cultivares de feijão “Ouro Vermelho” e “Ouro Branco”, em três gerações de plantio, sendo estas advindas de plantas oriundas de sementes anteriormente enriquecidas em função da aplicação de 0, 75, 150, 300, 600, 1.200, 2.400 g ha⁻¹ de Mo (as doses 0, 75, 150 e 300 foram aplicadas em dose única aos 15 DAE e as doses 600, 1.200, 2.400 foram parceladas até 30 DAE) utilizando como fonte o molibdato de sódio pulverizado sobre as folhas e concluiu

que, o aumento da dose de Mo melhorou a qualidade fisiológica, das sementes enriquecidas, das sementes da 1ª e 2ª gerações, mas não influenciou a qualidade fisiológica das sementes da 3ª geração de plantio.

O conteúdo de molibdênio presente na semente tem influência sobre o potencial de germinação, enquanto que, sementes pobres em molibdênio têm a sua germinação reduzida em comparação à daquelas com reservas expressivas do micronutriente (LEITE et al., 2009).

Assim, o enriquecimento de sementes com molibdênio constitui-se numa técnica promissora para agregar qualidade às sementes.

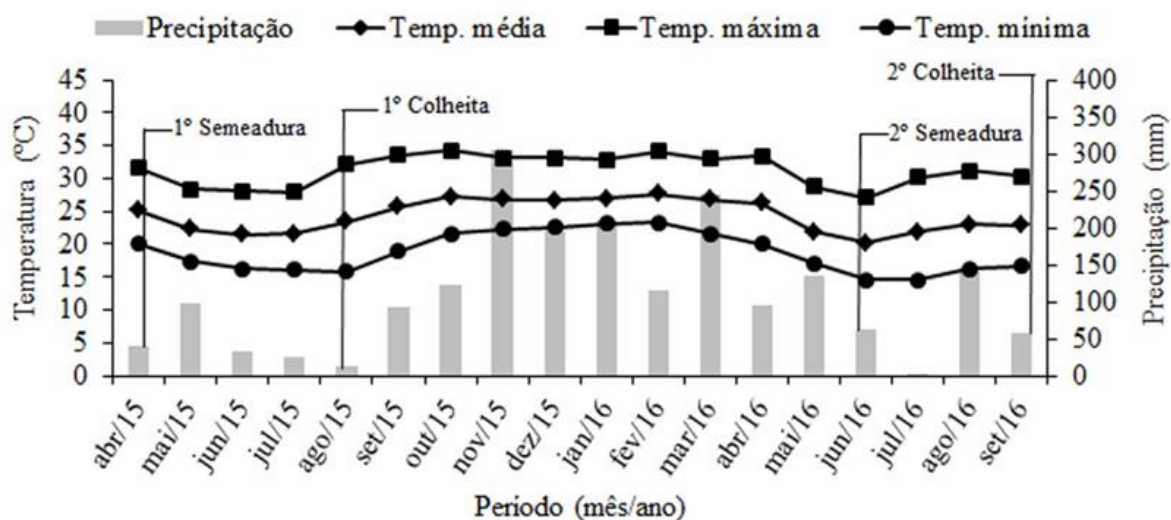
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria, MS, cujas coordenadas geográficas são de 51° 22' W, 20° 22' S e com aproximadamente 335 m de altitude.

A classificação climática da região de acordo com Köppen é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial média anual é de 1.232 mm, com temperatura média anual de aproximadamente 24,5°C e umidade relativa do ar média anual de 64,8% (HERNANDES; LEMOS FILHO; BUZETTI, 1995). Na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão e próximo ao local de condução do experimento, há um posto meteorológico onde são registrados diariamente os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima. Assim, constam na Figura 1 os dados registrados referentes à precipitação pluvial e temperatura média, máxima e mínima do ar durante a condução dos experimentos em campo nos anos de 2015 e 2016.

Figura 1 - Precipitação pluvial e temperatura média, máxima e mínima do ar na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP. Selvíria, MS, 2015 e 2016.



Nota: Valores fornecidos pela Estação Agrometeorológica da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), Selvíria-MS.

Fonte: Dados do próprio autor.

O solo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, A moderado, mesoeutrófico, muito profundo e fortemente ácido, onde anteriormente era vegetação de Cerrado e a mais de 36 anos é ocupado por culturas anuais.

Previamente a instalação dos experimentos, foi coletada quatro amostras do solo para verificação de sua fertilidade.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2015.

Profundidade	P (resina) ⁽¹⁾	MO	pH	K	Ca	Mg
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----		
0,00 – 0,20	29	28	5,6	3,6	31	24
H + Al	AL	SB	CTC	V	m	Mo
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			%	%	µg g ⁻¹
28	0	58,6	86,6	68	0	0,13

Fonte: Dados do próprio autor.

Tabela 2 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,20 m. Selvíria, MS, 2016.

Profundidade	P (resina) ⁽¹⁾	MO	pH	K	Ca	Mg
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----		
0,00 – 0,20	24	25	4,6	2,6	17	10
H + Al	AL	SB	CTC	V	m	
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			%	%	
38	2	29,6	67,6	44	6	

Fonte: Dados do próprio autor.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos na fase de campo

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 x 2, sendo que os tratamentos foram compostos por duas fontes de molibdênio (MA = molibdato de amônio com 81% de Mo (pó); GEO = produto Geoclean com 15% de Mo (solução)), cinco doses de molibdênio (0, 300, 600, 900 e 1.500 g ha⁻¹ de Mo) aplicados via foliar, em duas épocas de aplicação: (V4.6 sexto trifólio totalmente aberto e R1 (uma flor por planta em 50%

das plantas de cada parcela), com 4 repetições. O cultivar utilizado foi o Petit Pois, o qual apresenta crescimento determinado, com ciclo de 60 a 70 dias.

A aplicação do molibdênio foi efetuada com pulverizador costal. Cada unidade experimental possuía 5 m de comprimento e 3,0 m de largura, constituída por 6 linhas, espaçadas 0,45 m entre linhas.

3.3 Semeadura e aplicação do molibdênio

3.3.1 Primeiro ano (2015)

A semeadura da ervilha (*P. sativum*) foi realizada via semeadura direta no dia 27 de abril de 2015, sobre palhada de *Crotalaria spectabilis*, colocando-se 12 sementes por metro de sulco, espaçadas de 0,45 m entre linhas, em parcelas de 3 x 5 m, visando uma população de 10 plantas, ou seja, 200.000 plantas ha⁻¹. Foi efetuada no sulco de semeadura, a adubação com 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16. A profundidade de semeadura foi de 0,02 m. A adubação de cobertura foi efetuada aos 22 DAS (dias após a semeadura), aplicando 60 kg de N ha⁻¹. A aplicação do molibdênio foi realizada no período da manhã, com o auxílio de um pulverizador costal de vinte litros, equipado com ponta de pulverização tipo “leque”, aplicando-se um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Sendo a primeira aplicação efetuada no dia 22 de maio de 2015 no estádio V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto) e a segunda no dia 19 de junho do mesmo ano, em R1 (uma flor por planta em 50% das plantas de cada parcela).

A colheita foi realizada manualmente no dia 03 de agosto de 2015, quando 80% das vagens estavam secas.

3.3.2 Segundo ano (2016)

A semeadura da ervilha foi realizada no dia 06 de junho de 2016. Sendo esta efetuada da mesma forma do ano anterior. Aos 48 DAS realizou-se a adubação de cobertura, aplicando 60 kg de N ha⁻¹. A primeira aplicação de molibdênio ocorreu no dia 07 de julho de 2016 no estádio V4.6 e a segunda no dia 01 de agosto do mesmo ano, em R1. Sendo a colheita da ervilha efetuada manualmente no dia 21 de setembro de 2016.

3.4 Tratos culturais

Durante o período de desenvolvimento das plantas, foram realizadas práticas fitotécnicas, sendo estas efetuadas de acordo com as necessidades da cultura, tais como: o controle de plantas daninhas, doenças e insetos pragas. Para tanto, foram utilizados produtos específicos para cada caso, visando à obtenção do melhor desenvolvimento da cultura.

O controle das plantas daninhas foi realizado mediante a realização de capina manual.

Realizaram-se pulverizações com fungicidas e inseticidas, comum a todos os tratamentos, quando se fez necessário para o controle de doenças e insetos pragas. Para o controle de insetos pragas foi efetuada a aplicação do produto Lannate (metomil), cuja dose foi de 600 mL ha⁻¹.

3.5 Avaliações realizadas

Foram avaliados os teores nutricionais dos macronutrientes e de Mo nas folhas, as características fitotécnicas, a qualidade fisiológica das sementes, os teores nutricionais dos macronutrientes e de Mo das sementes da ervilha. Também avaliou-se, os teores de proteína nas sementes e o potencial de nodulação das plantas originadas de sementes tratadas com molibdênio.

3.6 Concentração de nutrientes no tecido foliar de ervilha

No período de florescimento da cultura foi realizada a coleta de 50 folíolos recém-desenvolvidos por parcela, conforme recomendação de Raij et al. (1996), para a análise nutricional dos teores de macronutrientes e molibdênio nos tecidos foliares da cultura (esta análise só foi efetuada em 2016). A coleta das folhas foi efetuada vinte e um dias após a aplicação do Mo, de acordo com cada época de aplicação.

As folhas foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante, sendo posteriormente moídas em moinho tipo Wiley. Os teores de macronutrientes foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Enquanto que, os teores de molibdênio foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Pessoa (1998), a qual é fundamentada no princípio da ação catalítica de íons do molibdato na reação de oxi-redação entre o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o iodeto de potássio (KI) em meio ácido. Na reação catalisada pelo íon molibdato, o

KI é oxidado pelo H_2O_2 , formando HIO o qual apresenta uma coloração alaranjada, podendo ser lida em espectrofotômetro a 350 nm, por meio da cubeta de quartzo.

As determinações das concentrações de nutrientes de ervilha foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia da Faculdade de Engenharia FE/UNESP/Campus de Ilha Solteira.

3.7 Avaliações fitotécnicas

Para a avaliação das características agronômicas foram coletadas no final do ciclo da cultura, em uma das linhas da área útil, cinco plantas para determinação de:

- Número de vagens por planta: foram destacadas todas as vagens que apresentavam sementes, dividindo-se pelo número de plantas avaliadas;
- Número de sementes por planta: as vagens obtidas na avaliação do número de vagens por planta foram debulhadas manualmente e, posteriormente contou-se todas as sementes. O valor obtido foi dividido pelo número de plantas avaliadas, para a obtenção do número de sementes por planta;
- Número de sementes por vagem: foi calculado dividindo-se o número de sementes por planta pelo número de vagens por planta;
- Massa de 100 sementes: foi obtida mediante a pesagem em balança de precisão (0,01 g) de duas amostras de 100 sementes de cada parcela. Após a pesagem, efetuou-se a determinação da umidade das sementes pelo método da estufa ($105 \pm 3^\circ\text{C}$) para correção da pesagem a 13% (base úmida).
- Produtividade das sementes: foi obtida mediante a transformação dos dados da colheita das plantas das duas linhas centrais de cada parcela, sendo corrigida a 13% (base úmida) e os dados extrapolados em kg ha^{-1} .

3.8 Germinação e vigor das sementes de ervilha

Após a debulha manual das sementes, estas foram submetidas ao teste de germinação (teste padrão), e ao teste de emergência em areia e testes de vigor, realizados aproximadamente dois meses após a colheita das sementes. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os testes de vigor empregados foram a

primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de plântulas, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

3.8.1 Teste de germinação

Foi realizado mediante a utilização de quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamento em germinador regulado para manter a temperatura constante a 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), mantendo-se a temperatura constante. Como substrato foram utilizadas folhas de papel da marca Germitest, as quais foram umedecidas com água deionizada numa quantidade equivalente a 2,5 vezes o massa do papel. Após a montagem dos rolos, estes foram embalados em sacos plásticos e colocados na posição vertical. As avaliações referentes à germinação foram efetuadas aos 5 e 8 dias após a instalação do teste, conforme recomendações contidas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

3.8.2 Primeira contagem

Foi realizada juntamente com o teste de germinação e constou do registro da porcentagem de plântulas normais, verificadas no quinto dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009), conforme técnica descrita por Nakagawa (1999).

3.8.3 Índice de velocidade de germinação

Foi efetuado em conjunto com o teste de germinação, calculando-se o índice de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962), descrita a seguir:

$$\text{IVG} = \text{N1/D1} + \text{N2/D2}$$

Sendo:

IVG – índice de velocidade de germinação;

N1, N2 = número de sementes germinadas a 1, 2 e n dias após a montagem do teste, e;

D1, D2 = número de dias após a instalação do teste.

As contagens foram realizadas no 5º e 8º dia após a instalação do teste de germinação.

3.8.4 Comprimento de plântulas

Foi realizado no oitavo dia, em dez plântulas advindas do teste de germinação, medindo-se a plântula inteira, tomando a medida da ponta da raiz até o ponto de inserção dos cotilédones, sendo expressa em cm.

3.8.5 Massa seca de plântulas

Foi realizada com as dez plântulas (sem cotilédones) usadas para determinar o comprimento de plântulas, as quais foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,01 g).

3.8.6 Envelhecimento acelerado

Foi conduzido com 4 sub-amostras de 50 sementes, para cada tratamento, as quais foram distribuídas sobre bandeja de tela de alumínio, fixada no interior de caixas plásticas tipo Gerbox, que funciona como uma mini- câmara. No fundo da caixa foram adicionados 40 mL de água destilada, sendo posteriormente levadas a um germinador regulado a $41^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 horas, conforme metodologia proposta por Marcos Filho, Cicero e Silva (1987). As sementes correspondentes a cada sub-amostra foram colocadas para geminar da mesma forma descrita anteriormente, no teste de germinação, durante 5 dias, quando se realizou a contagem de plântulas normais, sendo feita a transformação dos dados em porcentagem de germinação.

3.8.7 Condutividade elétrica

Foi conduzido com 4 sub-amostras de 25 sementes para cada tratamento, determinando sua massa em balança de precisão (0,01 g) e a seguir colocadas para embeber em um recipiente contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em uma câmara (germinador) a temperatura de 20°C durante 24 horas (KRZYZANOWSKY; VIEIRA, 1999). Posteriormente, foi efetuada a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, mediante a utilização de um condutivímetro digital. O resultado obtido em $\mu\text{S cm}^{-1}$ foi

dividido pela massa da amostra (g), para que o valor final da condutividade elétrica fosse expresso com base na massa da amostra, ou seja, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

3.8.8 *Emergência em areia*

Esta foi realizada em condições de laboratório sem controle da temperatura. Efetuou-se a semeadura de 50 sementes por repetição para cada tratamento, em caixas plásticas de 28 cm x 14 cm x 12 cm, as quais foram preenchidas com areia grossa lavada. Assim, colocou-se as sementes sobre a areia (10 cm) e cobertas com 1 cm de areia. Esta foi umedecida a 70% de capacidade de campo conforme Brasil (2009). A contagem das plântulas foi efetuada aos 8 dias após a semeadura, considerando como plântulas normais aquelas que possuíam todas as estruturas essenciais em perfeito estado, sendo que para isto as plântulas foram retiradas do substrato. Também se realizou análise referente ao comprimento de plântulas, efetuado mediante à utilização de dez plântulas advindas do teste de emergência em areia, medindo-se a plântula inteira, tomando a medida da ponta da raiz até o ponto de inserção dos cotilédones, sendo expressa em cm. Avaliou-se ainda a massa seca das plântulas, realizada com as dez plântulas (sem cotilédones) usadas para determinar o comprimento de plântulas, as quais foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,01 g).

3.8.9 *Teor de Molibdênio de plântulas emergidas em areia*

As dez plântulas utilizadas para determinação de matéria seca foram posteriormente moídas em moinho tipo Wiley. Os teores de molibdênio foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Pessoa (1998).

3.9 Concentração de nutrientes nas sementes de ervilha

Para determinar os teores de macronutrientes nas sementes de ervilha, estas foram obtidas após a coleta das cinco plantas utilizadas para a caracterização dos componentes de produção, sendo colhidas somente ao final do ciclo da cultura.

Assim, para a análise da concentração de nutrientes nas sementes, foi retirada uma amostra de cada parcela, sendo quatro amostras por tratamento, as quais foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante, sendo

posteriormente moídas em moinho tipo Wiley. Os teores de macronutrientes e Mo foram determinados conforme metodologia descrita para a concentração de nutrientes no tecido foliar de ervilha.

3.9.1 Teor de proteínas nos grãos de ervilha

O material moído para a determinação dos teores de macronutrientes e teor de molibdênio foi utilizado para a determinação do teor de proteínas nas sementes, obtido pela multiplicação do teor de N total das sementes (g kg^{-1}), determinado de acordo com a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), pelo fator 0,625 (A.O.A.C., 1970).

3.10 Potencial de nodulação

Foi conduzido sob condição de casa de vegetação. A semeadura foi realizada em caixas plásticas de 28 cm x 14 cm x 12 cm, previamente preenchidas com composto orgânico. Foram semeadas 20 sementes por repetição, colocadas sobre o substrato, (10 cm) e cobertas com 1 cm do mesmo. As sementes foram previamente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na dose recomendada.

3.10.1 Número e massa da matéria seca dos nódulos por planta

Foram coletadas cinco plantas de cada unidade experimental no estágio V4.6. Após a coleta, foi efetuada a lavagem e secagem das raízes, assim como, a contagem dos nódulos ativos.

3.11 Análises dos resultados

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, por meio do programa SISVAR[®] versão 5.6 (FERREIRA, 2014). O efeito de doses de molibdênio foi analisado por regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Concentração de nutrientes na folha de ervilha

Os resultados referentes aos teores dos macronutrientes (N, P, K e Ca) nas folhas da ervilha estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios obtidos para macronutrientes (N, P, K e Ca) nas folhas de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2016.

Tratamentos	N	P	K	Ca
(g kg ⁻¹)				
Épocas de aplicação				
V4.6	62,01	7,72	36,60	5,37
R1	53,80	5,95	29,38	9,23
Fontes de Mo				
MA	58,16	6,91	32,22	7,20
GEO	57,65	6,76	32,76	7,40
Doses de Mo (g ha ⁻¹)				
0	58,98	7,01	34,43	7,39
300	57,13	6,70	31,72	7,11
600	60,46	6,87	34,38	7,25
900	52,51	6,75	31,95	7,51
1500	60,44	6,86	32,46	7,23
TESTE F				
Época (E)	258,41**	116,86**	51,30**	319,21**
Fontes de Mo (F)	1,03 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Doses de Mo (D)	33,64**	0,42 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,41 ^{ns}
E x F	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,71 ^{ns}
E x D	29,30**	7,46**	4,68**	22,71**
F x D	19,95**	0,83 ^{ns}	0,67 ^{ns}	3,18*
E x F x D	6,68**	0,58 ^{ns}	0,52 ^{ns}	3,18*
DMS	1,02	0,33	2,02	0,43
CV (%)	3,89	10,67	13,66	13,22

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Nota-se que, os teores dos nutrientes nas folhas de ervilha, exceto os do Ca, estão dentro da faixa considerada adequada, uma vez que estes, segundo Raij et al. (1996) situam-se entre 40-60 g kg⁻¹ de N; 3-8 g kg⁻¹ de P; 20-35 g kg⁻¹ de K; 12-20 g kg⁻¹ de Ca.

Observou-se que, houve interação significativa entre épocas de aplicação x doses de molibdênio x fontes de molibdênio para os teores de N nas folhas da ervilha (Tabela 3), e com a realização do desdobramento os dados se ajustaram às funções (V4.6/Molibdato de amônio: $y = -0,000007x^2 + 0,01056x + 60,3989$, $R^2 = 0,49^{**}$; V4.6/Geoclean: $y = 0,000012x^2 + 0,01534x + 63,4460$, $R^2 = 0,19^{**}$; R1/Molibdato de amônio: $y = 0,000007x^2 + 0,00111x + 56,3991$, $R^2 = 0,19^{**}$; R1/Geoclean: $y = 0,00012x^2 + 0,02029x + 58,2538$, $R^2 = 0,56^{**}$), cujos coeficientes de determinação foram baixos, indicando baixa confiabilidade nos ajustes.

Lima (2009) trabalhando com o enriquecimento de sementes de feijoeiro, cultivares Ouro Vermelho e Ouro Branco com molibdênio, assim como, com o plantio de três gerações posteriores, utilizando 75, 150, 300, 600, 1.200 e 2.400 g ha⁻¹ de Mo, não observou resposta significativa quanto ao teor de N foliar.

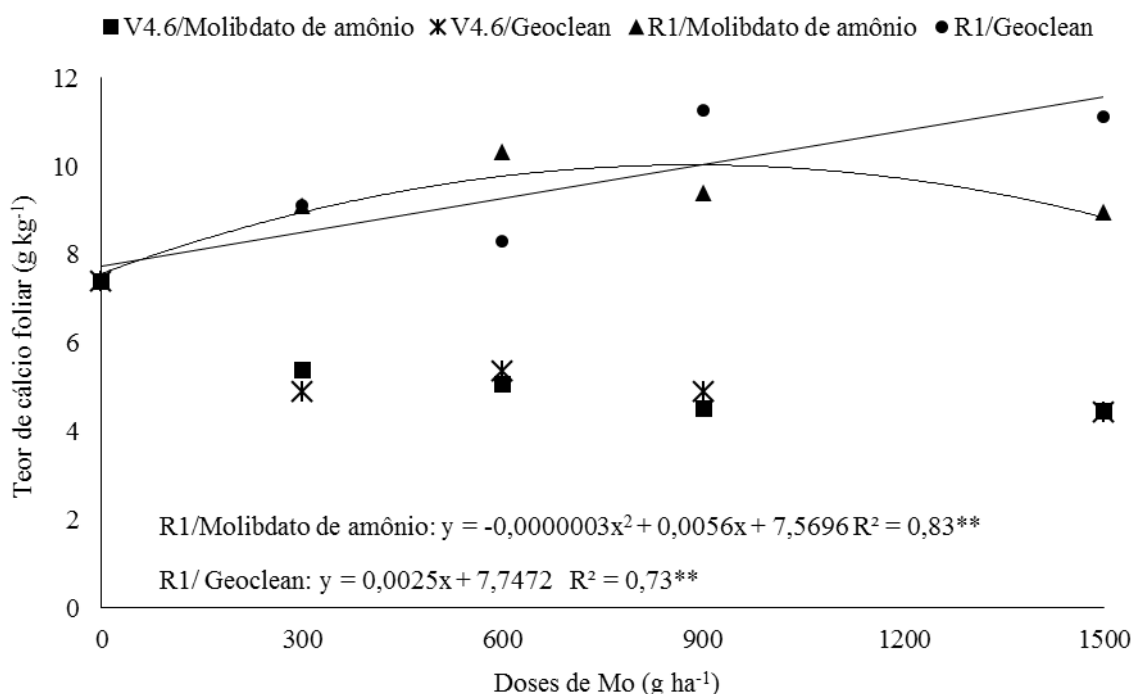
Também se detectou interação significativa entre épocas de aplicação x doses de Mo para os teores de P (Tabela 3), porém, também com baixo coeficiente de determinação, sendo para a aplicação em V4.6 ($y = 0,00051x + 7,3814$, $R^2 = 0,48^{*}$), enquanto que, para a aplicação em R1 ($y = -0,000613x + 6,3595$, $R^2 = 0,36^{**}$). Os teores de P variaram entre 5,65 e 8,07 g kg⁻¹.

O N e o P interagem de forma sinérgica, sendo que ambos, em doses adequadas, promovem o aumento na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com a aplicação de cada nutriente de forma isolada (SHUMAN, 1994; ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Com relação às épocas de aplicação, os teores de potássio nas folhas da ervilha variaram de 27,55 a 35,96 kg ha⁻¹, mostrando-se superior em V4.6 em relação a R1, em todas as doses utilizadas. Tanto o maior teor do nutriente em V4.6 quanto o menor teor em R1, pode estar relacionado ao fato de que, nos estádios iniciais de crescimento da planta, os teores de potássio são mais elevados, entretanto, este vai decrescendo em estádios mais avançados, devido à menor atividade da raiz e à menor quantidade do nutriente metabolicamente absorvido (FAGERIA, 1982). Através do desdobramento da interação significativa entre épocas de aplicação e doses de molibdênio, observou-se que as doses de Mo promoveram um ajuste quadrático, cujo ponto de mínimo foi na dose de 868,75 g ha⁻¹. O fato de se visualizar o ponto de mínimo, do ponto de vista biológico, não apresenta uma explicação adequada para o ocorrido.

O desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de molibdênio x fontes de molibdênio evidenciou que as aplicações do micronutriente, efetuadas em R1, proporcionaram incrementos aos teores de Ca foliar, sendo que a utilização do molibdato de amônio promoveu um ajuste quadrático, no qual a dose de 933,3 g ha⁻¹ de Mo promoveu 10,18 g kg⁻¹ de Ca. Já a aplicação do produto Geoclean resultou num ajuste linear crescente. Quanto às aplicações efetuadas em V4.6, não promoveram ajustes para ambas as fontes de Mo utilizadas (Figura 2). O maior teor desse nutriente em R1 pode ser devido ao Ca ser indispensável para a germinação do grão de pólen, assim como, para o crescimento do tubo polínico, o que se deve ao fato de estar presente na síntese da parede celular e no funcionamento (SFREDO; BORKERT, 2004; VITTI; LIMA; CICARONE, 2006), portanto, sendo requerido em maiores quantidades nas fases reprodutivas da planta (OLIVEIRA, 2015).

Figura 2 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de Mo x fontes de Mo para os teores de cálcio (g kg⁻¹) nas folhas da ervilha, Selvíria, MS, 2016.



Fonte: Dados do próprio autor.

A Tabela 4 mostra que houve diferença significativa para os teores de Mg e S, resultantes da interação entre épocas de aplicação e doses de molibdênio, assim como, para os teores de molibdênio, entretanto, para este, a interação ocorreu entre épocas de aplicação e fontes de Mo.

Tabela 4 - Valores médios obtidos para macronutrientes (Mg e S) e teor de molibdênio (Mo) nas folhas de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2016.

Tratamentos	Mg	S	Mo
	(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)
Épocas de aplicação			
V4.6	3,21	6,81	4,25
R1	4,04	8,53	4,24
Fontes de Mo			
MA	3,64	7,66	4,22
GEO	3,61	7,68	4,27
Doses de Mo (g ha ⁻¹)			
0	3,69	7,66	4,22
300	3,59	7,38	4,15
600	3,61	7,88	4,31
900	3,58	7,90	4,25
1500	3,64	7,54	4,28
TESTE F			
Época (E)	74,77**	79,67**	0,04 ^{ns}
Fontes de Mo (F)	0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,61 ^{ns}
Doses de Mo (D)	0,21 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,95 ^{ns}
E x F	0,49 ^{ns}	3,46 ^{ns}	8,87**
E x D	6,29**	5,79**	1,72 ^{ns}
F x D	0,64 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,95 ^{ns}
E x F x D	0,56 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,74 ^{ns}
DMS	0,19	0,39	0,08
CV (%)	11,81	11,27	4,11

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

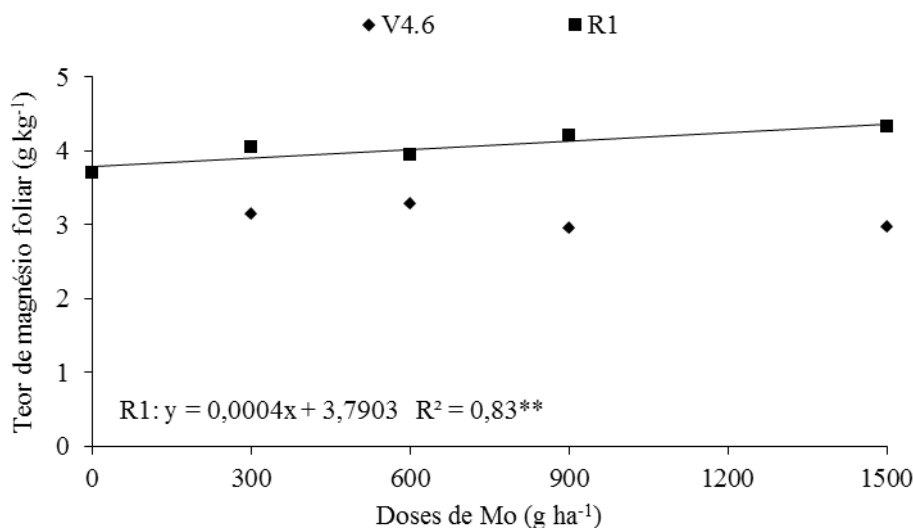
Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de Mg estão dentro do considerado ideal para a acultura em questão, os quais segundo Raij et al. (1996) são de 3 a 7 g kg⁻¹ (Tabela 4).

O desdobramento da interação épocas de aplicação e doses de Mo mostrou que os teores de magnésio nas folhas da ervilha variaram de 3,14 a 4,32 g kg⁻¹. Sendo o maior teor

resultante da aplicação em R1. O efeito de dose promoveu um ajuste linear crescente quando efetuadas em R1. O resultado encontrado em V4.6 não promoveu ajuste (Figura 3).

Figura 3 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de Mo para os teores de magnésio (g kg^{-1}) nas folhas da ervilha, Selvíria, MS, 2016.



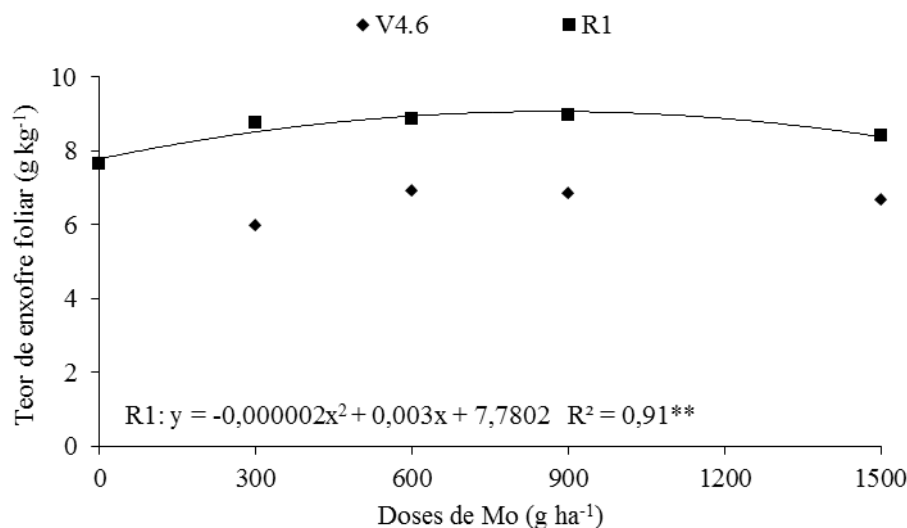
Fonte: Dados do próprio autor.

As doses de Mo aplicadas em R1 proporcionaram incremento aos teores de S, promovendo um ajuste quadrático, onde o ponto de máximo foi na dose de 750 g ha^{-1} de Mo, o qual resultou em $8,91 \text{ g kg}^{-1}$ de S (Figura 4). Embora, seja conhecido o efeito antagônico entre o enxofre e o molibdênio, ou seja, devido ao antagonismo entre estes nutrientes, durante o processo de absorção e ao mecanismo de translocação do Mo das raízes para a parte aérea, se o enxofre for absorvido em excesso pelas plantas, a disponibilidade de Mo diminui (GUPTA; LIPSET, 1981), tal efeito não foi observado neste estudo, posto que os teores de Mo (Tabela 4) em função das épocas de aplicação foram semelhantes, enquanto que os teores de S foram aumentados em R1. Portanto, o maior teor de S encontrado em R1 pode estar relacionado com a liberação do nutriente presente na matéria orgânica, posto esta se encontrar em estado mais elevado de decomposição, uma vez que a matéria orgânica é fonte deste nutriente.

O desdobramento de fontes de molibdênio dentro das épocas de aplicação mostrou que, o produto Geoclean promoveu maior teor de Mo foliar ($4,32 \text{ mg kg}^{-1}$), diferindo significativamente do molibdato de amônio, porém, somente quando aplicado em R1. Enquanto que, o desdobramento das épocas de aplicação dentro de cada fonte, revelou

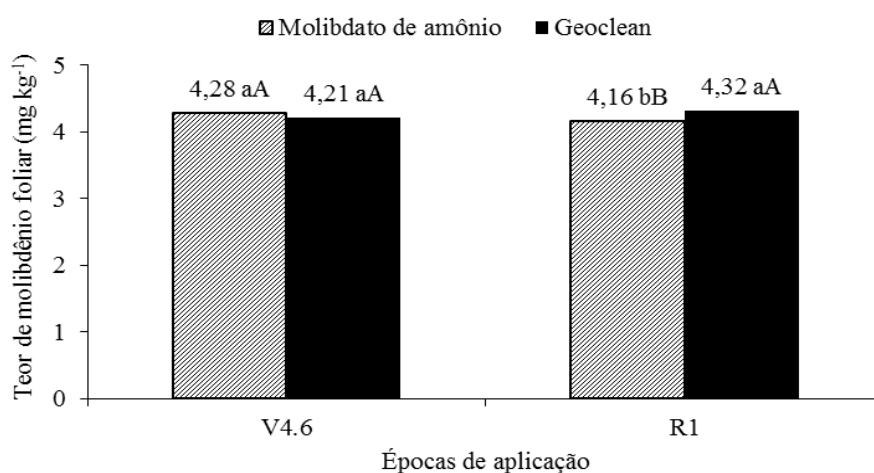
diferença significativa com V4.6 superando R1 mediante a aplicação do molibdato de amônio. (Figura 5).

Figura 4 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de Mo para os teores de enxofre (g kg^{-1}) nas folhas da ervilha, Selvíria, MS, 2016.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 5 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo para os teores de molibdênio (mg kg^{-1}) nas folhas da ervilha, Selvíria, MS, 2016.



Nota: Médias seguidas de mesma letra minúsculas e maiúsculas não diferem entre si para fontes e épocas de aplicação, respectivamente.

Fonte: Dados do próprio autor.

Pessoa et al. (2000) verificaram o efeito da adubação molíbdica, aplicada via foliar aos 25 DAE (dias após a emergência), utilizando doses crescentes (0, 40, 80 e 120 g ha^{-1} de Mo) na forma de molibdato de amônio, no feijoeiro “Ouro Negro” e observaram que o teor de

molibdênio nas folhas, aumentou de 0,49 mg kg⁻¹ (tratamento testemunha) para 0,95 mg kg⁻¹, valor estimado da MET (máxima eficiência técnica).

4.2 Características morfológicas, componentes da produção e produtividade de ervilha

Considerando o resultado da análise de variância dos dados, observou-se que os fatores analisados promoveram respostas significativas para altura de plantas (2015), número de sementes por vagem (2015), número de sementes por planta (2015 e 2016), massa de cem sementes (2015 e 2016), assim como, para a produtividade de sementes (2015 e 2016) (Tabelas 5 e 6).

No primeiro ano de experimento, a altura de plantas (Tabela 5) foi significativamente influenciada pelas doses de Mo, sendo que os dados promoveram ajuste de regressão quadrática, sendo a AP reduzida até a dose de 768,18 g ha⁻¹ de Mo. Em 2016, nenhum dos fatores estudados promoveram diferenças significativas para AP. Oliveira (2015) relatou que as doses (400 e 800 g ha⁻¹) do micronutriente, aplicadas via foliar em R3 e R5, não proporcionaram resposta significativa para a altura de plantas de soja. Do mesmo modo que, Rossi et al. (2012) não observaram resposta significativa para altura de plantas em resposta a aplicação foliar do molibdênio, nas doses de 0, 30, 60, 90 e 120 g ha⁻¹, na cultura da soja.

Para o número de vagens por planta, observa-se que não houve efeito significativo dos fatores estudados em ambos os anos de pesquisa (Tabela 5). Nakao et al. (2014) avaliando o efeito do molibdênio (0, 200, 400 e 800 g ha⁻¹, mediante aplicação foliar realizada em duas etapas, nos estádios R3 e R5.4) na cultura da soja, também não observaram efeito das doses de Mo sobre o número de vagens por planta.

Em 2015, as épocas de aplicação promoveram efeito significativo para o número de sementes por vagem, sendo que a aplicação do nutriente efetuada em V4.6 superou a realizada em R1. Também se detectou resposta significativa em relação às doses utilizadas, cujos resultados promoveram ajuste quadrático com ponto de mínimo na dose de 550 g ha⁻¹ de Mo, resultando num NSV de 3,49. Entretanto, no ano seguinte (2016) não foi verificada diferença significativa para o NSV em função de nenhum dos fatores analisados, conforme os dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios obtidos para altura de plantas (AP), número de vagem por planta (NV) e número de sementes por vagem (NSV), de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.

Tratamentos	AP (cm)		NV (n° planta ⁻¹)		NSV (n°)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Época						
V4.6	85,17	85,55	7,07	8,76	3,70 a	4,42
R1	82,83	87,42	7,13	9,68	3,47 b	4,49
Fontes de Mo						
MA	85,09	87,22	7,40	9,43	3,50	4,49
GEO	82,91	85,75	6,80	9,01	3,67	4,42
Doses de Mo (g ha ⁻¹)						
0	86,20	84,43	7,4	8,79	3,71	4,46
300	86,43	86,25	7,46	10,63	3,71	4,19
600	80,48	89,56	7,25	9,38	3,31	4,50
900	80,00	87,44	6,37	8,56	3,37	4,63
1500	86,89	84,94	7,03	8,75	3,81	4,50
Teste F						
Épocas (E)	1,82 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,61 ^{ns}	4,15*	0,53 ^{ns}
Fontes (F)	1,58 ^{ns}	0,64 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,44 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Doses (D)	3,19*	1,05 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,73 ^{ns}	3,14*	1,97 ^{ns}
E x F	0,00 ^{ns}	3,23 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}
E x D	0,96 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,53 ^{ns}
F x D	0,59 ^{ns}	1,89 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,82 ^{ns}
E x F x D	0,31 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,65 ^{ns}
DMS	3,46	3,70	0,85	1,15	0,23	0,21
CV(%)	9,20	9,56	26,64	27,79	14,17	10,35

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Rossi et al. (2012) analisando a aplicação foliar do molibdênio (molibdato de amônio nas doses de 0, 30, 60, 90 e 120 g ha⁻¹) na cultura da soja, não observaram resultados significativos para o número de sementes por vagem, assim como, Melo Filho et al. (2011), verificaram que a aplicação de molibdênio utilizando como fonte o molibdato de sódio nas

doses de 0, 20, 40, 80, 160, 240 e 320 g ha⁻¹, não teve influência significativa sobre o NSV na cultura do feijoeiro.

Quanto ao número de sementes por planta foram detectados efeitos significativos em função das doses de Mo aplicadas, porém, apenas no primeiro ano de estudo, assim, os dados se ajustaram a uma função quadrática, sendo o NSP reduzido até a dose de 868,75 g ha⁻¹ de Mo. Em 2016, as épocas de aplicação proporcionaram respostas significativas, sendo que as aplicações do nutriente efetuadas em R1 resultaram num maior NSP (42,40) em relação ao obtido em função da aplicação em V4.6 (37,08) (Tabela 6). Silva et al. (2012) avaliaram o efeito do Co e do Mo (0, 400 e 800 g ha⁻¹), via foliar, em amendoim e não constataram respostas significativas para o número de grãos por planta. As aplicações de doses de Mo (0, 200, 400 e 800 g ha⁻¹ aplicadas via foliar, metade em R3 e a outra parte em R5.4) não influenciaram o NSP da cultura da soja (NAKAO et al., 2014).

Para a massa de cem sementes detectou-se uma interação tripla dos fatores analisados em 2015, enquanto que em 2016, se constatou uma interação entre épocas de aplicação e doses de molibdênio (Tabela 6).

O desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de Mo x fontes de Mo para a massa de 100 sementes em 2015, revelou um ajuste linear crescente em função da aplicação das doses de Mo, quando se utilizou como fonte do nutriente o produto Geoclean em R1. Enquanto que, para as demais combinações não houve ajuste (Figura 6). Houve interação entre épocas de aplicação e doses de molibdênio, para a massa de 100 sementes em 2016 (Tabela 6), entretanto, quando se efetuou o desdobramento, os dados não apresentaram ajuste a nenhuma das funções testadas. Os resultados diferenciados observados nos dois anos de estudo, dificulta uma informação segura do comportamento das plantas em relação à aplicação do nutriente com relação a esta variável.

Resposta significativa quanto a massa de cem sementes foram observadas por Silva et al. (2012), que analisando o efeito da adubação foliar com Mo (60 g ha⁻¹, aos 20 DAE) em feijoeiro irrigado, cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, assim, esses autores atribuíram tal resultado a influência deste nutriente sobre a redutase do nitrato, responsável pela redução do nitrato a nitrito, aumentando sua atividade, de modo a possibilitar maior aproveitamento do N pelas plantas (HAVLIN et al., 2005). Entretanto, Vieira et al. (2015) não constataram influência da aplicação foliar de 600 g ha⁻¹ de Mo sobre a massa de cem sementes de feijoeiro cultivar BRSMG Majestoso. Isto mostra que outros fatores como cultivares (genético) influem no processo, o que pode fornecer ou não determinado tipo de resposta.

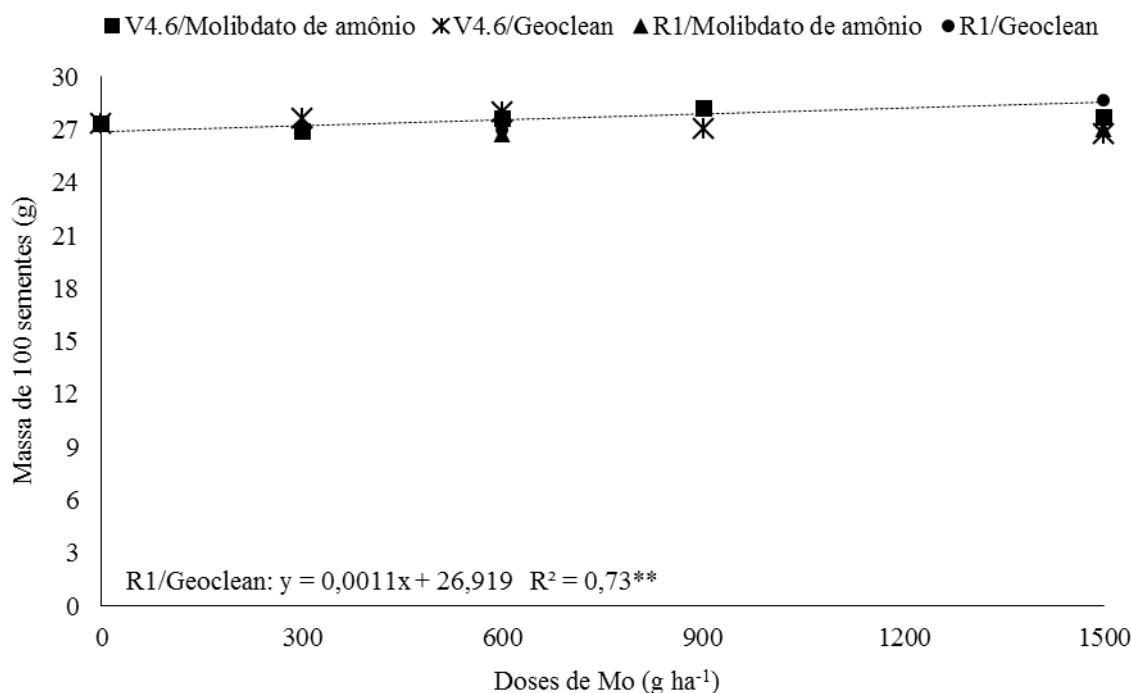
Tabela 6 - Valores médios obtidos para número de sementes por planta (NSP), massa de 100 sementes e produtividade de sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.

Tratamentos	NSP (n° planta ⁻¹)		Massa de 100 sementes (g)		Produtividade de sementes (kg ha ⁻¹)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Época						
V4.6	26,06	37,08 b	27,44	19,43	1.663 a	1.326 b
R1	24,71	42,40 a	27,46	20,24	1,382 b	1.489 a
Fontes de Mo						
MA	25,93	40,17	27,41	19,77	1.564	1.401
GEO	24,84	39,31	27,48	19,89	1.482	1.414
Doses de Mo (g ha ⁻¹)						
0	27,65	38,62	27,3	20,06	1466	1.362
300	27,65	43,40	27,2	19,89	1508	1.483
600	23,58	41,22	27,3	19,51	1477	1.316
900	21,32	37,40	27,9	20,02	1642	1.438
1.500	26,72	38,04	27,5	19,55	1518	1.437
Teste F						
Épocas (E)	0,75 ^{ns}	4,80*	0,02 ^{ns}	19,05**	20,47**	14,14**
Fontes (F)	0,48 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Doses (D)	2,61*	0,86 ^{ns}	3,69**	1,86 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,93 ^{ns}
E x F	0,02 ^{ns}	0,34 ^{ns}	4,65*	1,06 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,27 ^{ns}
E x D	0,91 ^{ns}	0,65 ^{ns}	4,52**	2,74*	1,31 ^{ns}	1,85 ^{ns}
F x D	1,48 ^{ns}	0,76 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,37 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,40 ^{ns}
E x F x D	0,56 ^{ns}	0,69 ^{ns}	5,01*	0,34 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,44 ^{ns}
DMS	3,13	4,86	0,26	0,37	124,24	86,46
CV (%)	27,53	27,33	2,14	4,17	18,22	13,72

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 6 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de Mo x fontes de Mo massa de 100 sementes (g) de ervilha, Selvíria, MS, 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação à produtividade, no primeiro ano, a aplicação efetuada em V4.6 proporcionou o melhor resultado, enquanto que, no segundo ano, esta variável foi maior devido a aplicação de Mo realizada em R1, promovendo um rendimento médio de 1.663 e 1.489 kg ha⁻¹ de ervilha, respectivamente (Tabela 6). Ao se relacionar o número de sementes por vagem e a massa de 100 sementes com as produtividades obtidas nos dois anos de estudo, verifica-se que em 2015, o NSV foi inferior ao obtido em 2016, entretanto, a massa de 100 sementes observadas no primeiro, foi maior que no segundo ano, assim como, a produtividade, portanto, pode se inferir que, com isto há espaço para o crescimento, acúmulo de massa seca na semente devido à menor competição, promovendo o efeito compensatório, refletido no aumento da massa de 100 sementes, resultando em maior produtividade em 2015. Entretanto, a produtividade obtida foi inferior à média nacional que é de 1.865 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015).

Segundo Franco Junior (2017) a ervilha é uma planta de clima frio, sendo seu cultivo favorecido nestas condições. Produz normalmente em regiões onde a temperatura varia entre 13 e 18°C. Não tolera geada e nem temperaturas superiores a 30°C por vários dias, pois

acarreta em diminuição do ciclo e menor produção de vagens por planta. Enquanto que temperaturas altas no florescimento pode causar abortamento das flores (acima de 27°C).

Dessa forma, verifica-se que as condições climáticas nos dois anos experimentais não favoreceram a produtividade da cultura (Figura 1).

Ganhos significativos em produtividade e o aumento na massa de mil grãos foram observados por Dourado Neto et al. (2012) em função da aplicação de molibdênio e cobalto no estágio V4 na cultura da soja. Ao passo que, Jacob-Neto e Franco (1988) avaliaram a aplicação foliar de Mo em feijão e concluíram que a melhor época para efetuá-la situou-se entre a floração e o enchimento de grãos. Contrapondo ao observado no presente trabalho, Ascoli, Soratto e Maruyama (2008) avaliando o efeito de doses e épocas de aplicação de Mo, via foliar, em feijoeiro 'Pérola' irrigado, não verificaram aumento na produtividade em função da época de aplicação desse micronutriente aos 15 e aos 26 DAE. Nogueira, Haga e Franco (2015) não verificaram efeitos sobre a produtividade de ervilha cultivar Utrillo mediante a aplicação do Mo via foliar aos 20 DAE, nesta mesma região. Assim, embora tenham sido utilizados materiais genéticos diferentes, tem-se que as respostas da ervilha a aplicação de Mo não se mostraram consistentes.

4.3 Qualidade fisiológica das sementes

4.3.1 *Germinação*

A qualidade fisiológica das sementes é influenciada pelo teor de nutrientes. Assim, esta pode ser influenciada pela quantidade e qualidade da adubação empregada (MAEDA; LAGO; TELLA, 1986). Com base nestas informações, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) ressaltaram que dentre os micronutrientes essenciais, o molibdênio é o único que a quantidade presente na semente, dependendo da espécie, é o bastante para permitir o crescimento normal da planta.

Nesse sentido, os resultados obtidos em função da avaliação da qualidade fisiológica das sementes de ervilha, resultantes da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio, utilizando duas fontes em duas épocas de aplicação, assim como, a interação entre eles, para primeira contagem (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula da germinação padrão (CPG) e massa seca de plântula da germinação padrão (MSPG), estão apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Valores médios obtidos para primeira contagem da germinação (PC), germinação (Teste padrão (G)), índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.

Tratamentos	Germinação (%)		Primeira contagem (%)		IVG -	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Épocas de aplicação						
V4.6	94,05	91,16 b	82,55	86,33	8,89	8,88 b
R1	96,53	93,34 a	87,30	91,98	9,27	9,26 a
Fontes de Mo						
MA	94,68	92,61	84,35	88,93	9,00	9,06
GEO	95,90	91,89	85,50	89,38	9,16	9,08
Doses de Mo (g ha ⁻¹)						
0	96,13	91,19	83,50	88,13	9,03	8,97
300	94,94	92,94	82,13	88,75	8,91	9,09
600	93,50	92,50	85,25	89,63	9,03	9,10
900	95,38	92,25	85,88	90,38	9,13	9,15
1500	96,50	92,38	87,86	88,88	9,30	9,05
TESTE F						
Épocas (E)	19,79**	6,91*	14,63**	15,16**	17,51**	8,98**
Fontes de Mo (F)	4,85*	0,77 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,10 ^{ns}	3,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Doses de Mo (D)	3,55*	0,49 ^{ns}	2,54*	0,29 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,23 ^{ns}
E x F	0,00 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,65 ^{ns}
E x D	2,46 ^{ns}	1,11 ^{ns}	7,04**	2,76*	5,75**	2,27 ^{ns}
F x D	3,99**	1,27 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,44 ^{ns}
E x F x D	0,64 ^{ns}	2,24 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,63 ^{ns}
DMS	1,11	1,65	2,48	2,90	0,18	0,25
CV(%)	2,61	4,01	6,54	7,28	4,41	6,13

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em ambos os anos de experimento, a germinação a primeira contagem, e o índice de velocidade de germinação foram influenciados pelos tratamentos empregados. Assim, para a germinação, o desdobramento da interação entre fontes e doses de Mo detectada em 2015 mostrou que a aplicação do nutriente, utilizando como fonte o molibdato de amônio,

proporcionou ajuste quadrático, cujo ponto de mínimo foi na dose de 671,42 g ha⁻¹ de Mo, resultando num percentual germinativo de 92,69. Para a aplicação do produto Geoclean não houve ajuste às funções testadas. Os dados analisados em 2016 revelaram que a germinação foi influenciada apenas pelas épocas de aplicação, sendo a germinação em R1, significativamente superior em relação a V4.6 (Tabela 7).

Com relação à avaliação da primeira contagem da germinação (vigor), ocorreu interação entre épocas de aplicação de doses de Mo em ambos os anos de avaliação (Tabela 7). Com a realização do desdobramento dos dados, no primeiro ano, os resultados referentes à aplicação efetuada em V4.6 se ajustou à função $y = 0,00601x + 78,581$, $R^2 = 0,39^{**}$, cujo coeficiente de determinação, foi baixo. A aplicação realizada em R1 não promoveu ajuste. Quanto aos resultados obtidos da interação observada no segundo ano, não houve ajuste para ambas as épocas de aplicação.

Para o índice de velocidade de germinação, em 2015 constatou-se interação entre épocas de aplicação e doses de Mo, entretanto, o desdobramento revelou ajuste com baixo coeficiente de determinação, assim, a aplicação realizada em V4.6 se ajustou à função $y = 0,000001x^2 - 0,000571x + 8,839$, $R^2 = 0,54^*$, enquanto que, a aplicação efetuada em R1 não promoveu ajuste. Em 2016, a aplicação de Mo em R1 resultou em maior IVG.

O melhor resultado observado, tanto para o teste de germinação padrão quanto para o IVG, resultantes da aplicação do nutriente em R1, corrobora com o relatado por Jacob-Neto e Franco (1988), que a melhor época para se efetuar a aplicação foliar de Mo situa-se entre a floração e o enchimento de grãos. Outro fator que pode ter beneficiado o percentual germinativo e, por conseguinte o IVG em R1 pode estar relacionado ao maior teor de cálcio, constatado na análise foliar da ervilha (Tabela 3), uma vez que este foi maior nesse estágio (9,23 g kg⁻¹) em relação a V4.6 (5,37 g kg⁻¹). Posto que, na literatura há relatos que apontam os benefícios do cálcio na germinação de sementes. Nesse sentido, Maeda, Lago e Tella (1986) avaliaram os efeitos da calagem e da adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim, através do teste de germinação e de vigor (envelhecimento acelerado) durante quinze meses, sendo os testes realizados a cada três meses, e observaram que houve superioridade em germinação e vigor dos tratamentos que receberam calcário e NPK + calcário, sendo mantida durante o período de armazenamento e, dos seis meses em diante tais tratamentos foram sempre iguais entre si e superiores a NPK e testemunha. Do mesmo modo que Nakagawa et al. (1993), também observaram efeito positivo da calagem na germinação e vigor de semente de amendoim cultivar Tatu.

Lima (2009) trabalhando com o enriquecimento de sementes de feijoeiro cultivar Ouro Vermelho com molibdênio (0, 75, 150, 300, 600, 1.200, 2.400 g ha⁻¹ (as doses 75, 150 e 300 foram aplicadas em dose única aos 15 DAE e as demais, foram parceladas até 30 DAE)), observou que o molibdênio promoveu o aumento da germinação pelo teste padrão de germinação, sendo que, a dose estimada que proporcionou maior germinação (97%) foi de 2.103 g ha⁻¹ de Mo. Entretanto, avaliando três gerações posteriores, do mesmo cultivar, não verificou efeito significativo das doses de Mo, sendo a germinação média de 91,3 %; 86,4 % e 97,6 % em cada geração, respectivamente. Para a PC, houve incremento na porcentagem de germinação da 1ª e 2ª geração, até a dose de 830 e 866 g ha⁻¹, respectivamente. Porém, após essa dose houve decréscimo da germinação na PC.

Analizando a qualidade fisiológica das sementes de soja em função da aplicação de 800 g ha⁻¹ de Mo, parcelada em duas vezes, em R3 e R5, Possenti (2007) verificou o potencial de germinação de sementes enriquecidas e não enriquecidas com Mo em três cultivares (CD-206, MSOY-7101 e BRS-183) em três momentos (após a colheita, aos 3 e aos 6 meses de armazenamento) e constatou que somente para as sementes do cultivar MSOY-7101, observou-se efeito positivo do enriquecimento com Mo, evidenciando diferença entre as parcelas enriquecidas para as não enriquecidas, com valores de 76 e 67% respectivamente, quando avaliadas após três meses de armazenamento. Isto evidencia que pode haver um efeito de genótipo, podendo se observar cultivar responsivo e não responsivo à aplicação do nutriente.

Oliveira (2015), estudando o efeito da aplicação de doses distintas de molibdênio em diferentes épocas, na cultura da soja, constatou que, quando a aplicação foi realizada na época V4, ajustou-se a uma equação quadrática negativa apresentando na dose foliar 47,9 g ha⁻¹ de Mo, taxa de 79,7% das sementes germinadas na primeira contagem, enquanto que, na aplicação em R3, 86,9% das sementes germinaram com dose de 29,8 g ha⁻¹ de Mo.

Silva et al. (2012) estudando o potencial fisiológico das sementes de amendoim em função da aplicação de cobalto e molibdênio via foliar do fertilizante foliar a base de cobalto + molibdênio (zero; 400 e 800g ha⁻¹) nos cultivares IAC Tatu ST (Grupo Valência) e Runner IAC 886 (Grupo Virginia), não detectaram influência dos tratamentos sobre o IVG.

A rapidez na germinação e uniformidade da emergência das plântulas a campo são características fundamentais e favoráveis ao estabelecimento adequado da cultura. Por outro lado, lotes de sementes com menor potencial fisiológico, apresentam germinação durante período mais longo, ocasionando heterogeneidade de estande, o que não é desejável, posto

que, favorece a competição com plantas invasoras, afetando o desenvolvimento das plantas e por consequente a produção e a qualidade de grãos (SOUZA, 2015).

Tabela 8 - Valores médios obtidos para comprimento de plântulas (CPG) e massa seca de plântulas (MSPG) de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.

Tratamentos	CPG (cm)		MSPG (mg plântula ⁻¹)	
	2015	2016	2015	2016
Épocas de aplicação				
V4.6	9,60	15,96	26,44	42,20
R1	9,95	16,11	25,49	42,90
Fontes de Mo				
MA	9,70	16,06	26,77	42,35
GEO	9,85	16,01	25,17	42,74
Doses de Mo (g ha ⁻¹)				
0	9,98	16,06	25,96	39,40
300	9,56	16,69	27,00	44,24
600	9,69	14,88	24,56	42,04
900	9,75	15,88	25,19	42,71
1500	9,88	16,69	27,13	44,34
TESTE F				
Época (E)	3,33 ^{ns}	0,15 ^{ns}	3,72 ^{ns}	0,64 ^{ns}
Fontes Mo (F)	0,61 ^{ns}	0,02 ^{ns}	10,55**	0,19 ^{ns}
Doses Mo (D)	0,59 ^{ns}	2,92*	4,11**	4,16**
E x F	0,61 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,78 ^{ns}
E x D	0,82 ^{ns}	1,70 ^{ns}	5,71**	0,98 ^{ns}
F x D	0,48 ^{ns}	4,34**	4,14**	2,03 ^{ns}
E x F x D	0,48 ^{ns}	3,24*	0,25 ^{ns}	1,91 ^{ns}
DMS	0,38	0,78	0,99	1,77
CV (%)	8,78	10,88	8,48	9,30

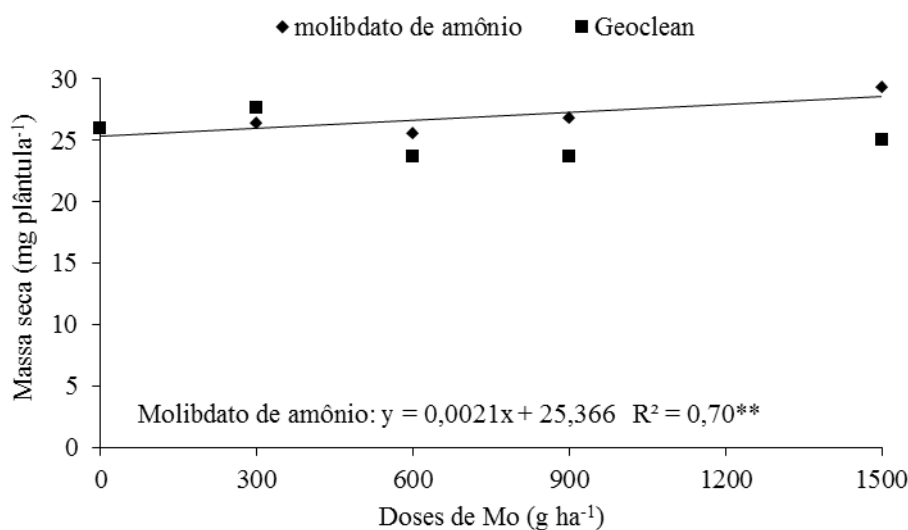
Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na avaliação do vigor por meio do comprimento de plântula, não se constatou efeito significativo dos fatores avaliados no primeiro ano. Em 2016, houve interação entre épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio, e com realização do desdobramento, observou-se que, os resultados referentes à aplicação em V4.6 não promoveram ajustes para ambas as fontes, enquanto que, as aplicações efetuadas em R1 se ajustaram às funções: $y = 0,002236x + 14,735$, $R^2 = 0,40^*$ (Molibdato de amônio/R1) e $y = 0,000004x^2 - 0,00637x + 17,5799$, $R^2 = 0,24^*$ (Geoclean/R1), ambas com baixo coeficiente de determinação (Tabela 8).

Para a massa seca de plântulas da germinação padrão foram detectadas duas interações em 2015, sendo a primeira, entre épocas de aplicação e doses de Mo (Tabela 8), na qual, houve ajuste quadrático inverso, em função da aplicação em R1, cujo ponto de mínimo foi na dose de 620 g ha^{-1} de Mo, promovendo um MSPG de $23,98 \text{ mg plântula}^{-1}$. Não houve ajuste em V4.6. A segunda interação ocorreu entre fontes e doses de Mo, assim, o desdobramento evidenciou que a aplicação de doses de Mo, utilizando a fonte molibdato de amônio foi benéfica a MSPG, promovendo ajuste linear crescente (Figura 7). Não houve ajuste às funções testadas, referente à aplicação do produto Geoclean.

Figura 7 - Desdobramento da interação fontes de molibdênio x doses de molibdênio para matéria seca de plântula da germinação padrão (MSPG) de *P. sativum*. Ilha Solteira, SP, 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

Em 2016, a MSPG, foi influenciada apenas pelas doses de Mo, entretanto, os dados se ajustaram à função $y = 0,00228x + 41,0411$, $R^2 = 0,42^*$, com baixo coeficiente de determinação.

Nascimento (2009) avaliou o efeito da aplicação do nitrogênio em cobertura e Mo via foliar em feijoeiro de inverno e observaram que, em 2004 a interação entre doses de Mo x época de aplicação foi significativa para a massa seca de plantas, sendo a máxima produção de massa seca, alcançada mediante a aplicação de 101 g ha^{-1} de Mo em V3. Assim como, Dourado Neto et al. (2012), verificaram os efeitos da aplicação de Mo associado ao Co na cultura da soja e, constataram que a matéria seca da parte aérea e de raiz foram influenciadas pelos tratamentos (TS (tratamento de semente), V4 (via foliar) ou TS + V4), sendo que a aplicação de Co e Mo fez com que a massa seca de parte aérea e de raízes (aos 51 e 87 dias) fosse maior em relação a testemunha (sem aplicação). Por outro lado, Nascimento et al. (2009) avaliaram o efeito da aplicação do nitrogênio em cobertura (zero, 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1}) e Mo via foliar (zero e 80 g ha^{-1}) em feijoeiro de inverno e não observaram efeitos significativos sobre a massa seca de plantas em função da aplicação de molibdênio foliar nos dois anos de cultivo.

Os dados referentes às avaliações de vigor através dos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de ervilha estão apresentados na Tabela 9.

As sementes de ervilha se comportaram de maneira distinta nos dois anos de experimento, posto que, diferenças significativas só foram constatadas para o teste de envelhecimento acelerado no primeiro ano de estudo. Porém, com o desdobramento, observou-se que, embora as aplicações do nutriente tenha promovido efeitos significativos, houve ajustes de regressão apenas para as aplicações do molibdato de amônio em V4.6, assim como, para a aplicação do produto Geoclean em R1, adequando às funções $y = 0,000013x^2 - 0,0200x + 89,792$, $R^2 = 0,58^*$ e $y = 0,00547 + 87,1908$, $R^2 = 0,40^*$, respectivamente.

Vale ressaltar que a diferença no percentual germinativo foi 30% inferior no teste de EA realizado com as sementes colhidas em 2016 comparados às colhidas em 2015 (Tabela 9). Estes resultados podem ser atribuídos à precipitação pluvial, posto ter ocorrido chuvas nas vésperas da colheita em 2016 (Figura 1), o que pode ter prejudicado a qualidade das sementes. Este resultado corrobora com o reportado por Carvalho e Nakagawa (2000), que a ocorrência de chuvas na fase de maturação das sementes é um importante fator que pode reduzir sua qualidade fisiológica, fato este também ressaltado por Marcos Filho (2015).

Entre as várias referências na literatura, tem-se que dentre os testes disponíveis para avaliação do vigor de sementes, o teste de envelhecimento acelerado é o mais sensível e

eficiente, sendo que, ele expressa no resultado final, a porcentagem de plântulas normais e indica o grau de sobrevivência das sementes quando submetidas a condições adversas de alta temperatura e alta umidade (MARCOS FILHO, 2015).

Tabela 9 - Valores médios obtidos para envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.

Tratamentos	EA (%)		CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)	
	2015	2016	2015	2016
Épocas de aplicação				
V4.6	86,13	55,05	63,33	111,57
R1	85,78	56,20	62,50	105,57
Fontes de Mo				
MA	86,68	52,60	61,61	109,46
GEO	85,23	58,65	64,21	107,69
Doses de Mo (g ha^{-1})				
0	88,38	55,75	60,68	109,64
300	88,00	56,38	64,49	108,88
600	82,63	59,88	65,77	105,97
900	87,63	53,38	62,50	108,62
1500	83,13	52,75	61,13	109,75
TESTE F				
Época (E)	0,06 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,55 ^{ns}
Fontes Mo (F)	1,07 ^{ns}	3,31 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Doses Mo (D)	3,25*	0,58 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,08 ^{ns}
E x F	4,43*	0,38 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}
E x D	0,71 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,81 ^{ns}
F x D	0,39 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,40 ^{ns}
E x F x D	4,03**	0,90 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,77 ^{ns}
DMS	2,80	6,65	5,33	9,64
CV (%)	7,29	26,73	18,95	19,85

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Silva et al. (2012) analisando a qualidade fisiológica de sementes de dois cultivares de amendoim, pelo teste de envelhecimento acelerado, não observaram diferenças em função da aplicação de cobalto e molibdênio. Do mesmo modo que Possenti e Villela (2010), que não verificaram efeito do molibdênio sobre o potencial fisiológico de sementes de soja no teste de EA. Assim como o ocorrido no presente trabalho, esses últimos autores atribuem os baixos valores obtidos para vigor por envelhecimento acelerado à precipitação pluvial que ocorreu no período de maturação das sementes, fator este ressaltado por diversos autores como danoso à qualidade das sementes.

Para o teste de condutividade elétrica, os dados observados não revelaram diferenças significativas em nenhum dos anos estudados (Tabela 9). Porém, os resultados são coerentes, sendo que tanto os maiores percentuais germinativos observados em 2015, quanto os menores, em 2016, evidenciados no teste de EA, são confirmados pelo teste de condutividade elétrica.

Nota-se pelo teste de condutividade elétrica a baixa qualidade fisiológica das sementes de ervilhas colhidas em 2016, isto, baseado no fato de que o princípio do teste estabelece que sementes menos vigorosas (ou mais deterioradas) apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade de membranas celulares durante a fase de embebição, liberando, conseqüentemente quantidades maiores de solutos para o exterior. Assim sendo, sob condições de campo, essa liberação após a semeadura, além de ocasionar a perda da compartimentalização celular, estimula o crescimento de microrganismos nocivos à emergência das plântulas (MARCOS FILHO, 2015).

Leite et al. (2009) analisaram a influência do conteúdo de Mo na qualidade fisiológica da semente de feijão, cultivares “Meia Noite” e “Novo Jalo”, em função da aplicação de 0, 160, 320, 640, 1,280 e 2.560 g ha⁻¹ de Mo e observaram que, para ambos os cultivares, o teste de CE revelou que as sementes produzidas com deficiência de molibdênio, apresentavam vigor reduzido em relação àquelas com suficiência do nutriente.

4.3.2 Emergência em areia

Os resultados do percentual de emergência de plântulas de ervilha em areia (EAR), o comprimento de plântulas emergidas em areia (CPA) e a massa seca de plântulas emergidas em areia (MSPA) estão apresentados na Tabela 10.

Os percentuais de emergência de plântulas de ervilha observados em 2015 foram superiores aos constatados em 2016, tanto em relação às épocas de aplicação quanto às fontes

de molibdênio utilizadas, entretanto, esses fatores não proporcionaram diferenças significativas isoladamente, e sim nas suas interações.

Tabela 10 - Valores médios obtidos para emergência de plântulas em areia (EAR), comprimento de plântulas emergidas em areia (CPA), massa seca de plântulas emergidas em areia (MSPA) de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.

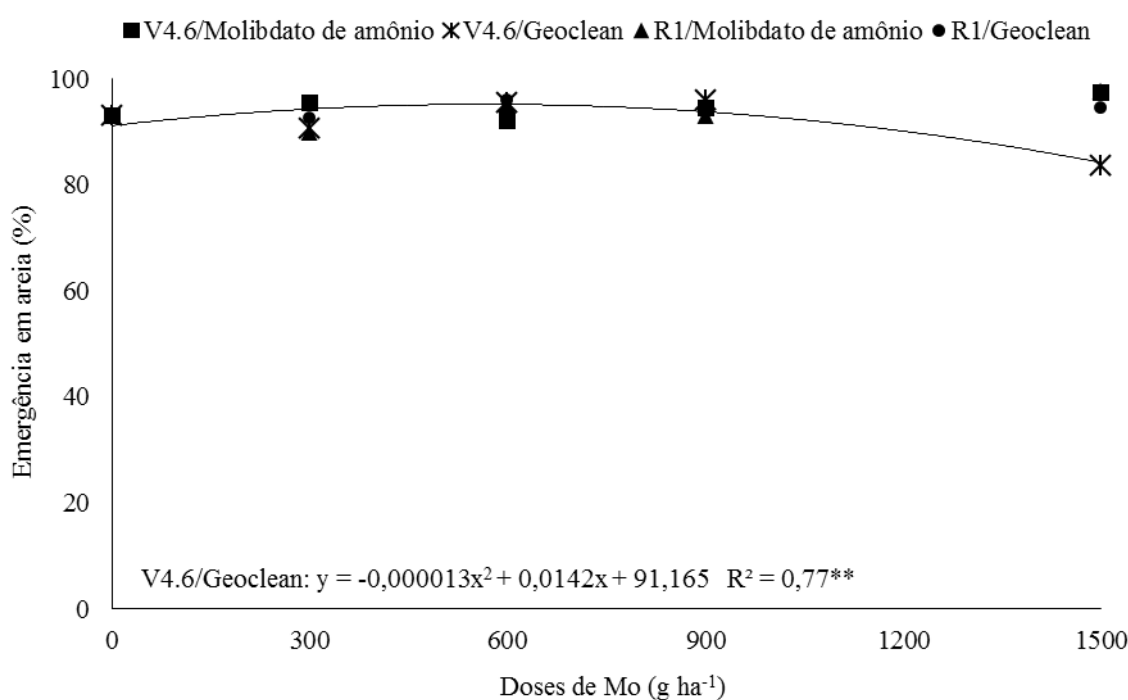
Tratamentos	EAR (%)		CPA (cm)		MSPA (mg plântula ⁻¹)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Épocas de aplicação						
V4.6	93,13	89,09	16,92	18,12 b	49,47	68,19 b
R1	94,00	90,64	17,07	19,32 a	49,17	72,28 a
Fontes de Mo						
MA	94,18	89,61	16,97	18,49	49,32	68,16 b
GEO	92,95	90,11	17,02	18,95	49,32	72,31 a
Doses de Mo (g ha ⁻¹)						
0	93,13	90,31	16,60	17,74	50,47	68,82
300	92,13	93,19	17,13	19,19	49,00	71,13
600	94,69	89,25	16,75	18,73	48,00	70,33
900	94,56	88,50	17,06	18,66	49,25	69,10
1500	93,31	88,06	17,44	19,28	49,87	71,79
TESTE F						
Época	1,90 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,27 ^{ns}	6,82*	0,10 ^{ns}	6,98*
Fontes Mo	3,72 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	7,19**
Doses Mo	2,28 ^{ns}	1,91 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,54 ^{ns}
E x F	6,16*	0,00 ^{ns}	0,76 ^{ns}	3,46 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,75 ^{ns}
E x D	4,50**	2,18 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,70 ^{ns}
F x D	9,38**	2,93*	0,01 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,78 ^{ns}
E x F x D	4,03**	1,61 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,55 ^{ns}
DMS	1,27	2,65	0,57	0,92	1,88	3,10
CV(%)	3,03	6,59	7,55	10,98	8,52	9,86

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação ao teste de emergência em areia, em 2015, constatou-se interação entre épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio, sendo que para a aplicação do produto Geoclean em V4.6, os dados promoveram ajuste quadrático, indicando que a utilização de 546,2 g ha⁻¹ de Mo corresponde a 95,04% de emergência de plântulas. Para as demais combinações não houve ajuste às funções testadas (Figura 8).

Figura 8 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de molibdênio x fontes de molibdênio para a emergência de plântulas de *P. sativum* em areia (EAR). Ilha Solteira, SP, 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

Quanto aos dados referentes ao segundo ano de avaliação da EAR, estes revelaram uma interação entre fontes e doses de Mo, entretanto, não houve ajuste significativo em função da utilização do molibdato de amônio, enquanto que, a utilização do produto Geoclean se ajustou à função $y = -0,00388x + 92,67$, $R^2 = 0,29^*$, com baixo coeficiente de determinação.

Guerra et al. (2006) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação, molibdênio (0, 25, 50 e 100 g ha⁻¹) e cobalto (0 e 1,0 g ha⁻¹), em um Latossolo Vermelho Distroférrico, na região dos Cerrados, e concluíram que a aplicação via sementes do micronutriente proporcionou aumento na germinação e emergência de plântulas em

campo. Vazquez et al. (2016) verificaram os efeitos do zinco e do molibdênio, via tratamento de sementes de milho (as sementes foram tratadas com um fertilizante contendo 9,9 g L⁻¹ de Mo e 600,6 g L⁻¹ de Zn, com doses de 200, 300, 600 e 1.200 mL por 60.000 sementes, além da testemunha sem tratamento), e observaram que estes micronutrientes reduziram a porcentagem de emergência e o vigor das sementes.

Lotes de sementes do mesmo cultivar, com capacidades de germinação semelhantes, podem apresentar diferenças marcantes na porcentagem de emergência de plântulas em condições de campo. A falta de uma estreita relação entre a germinação obtida em laboratório e a emergência em campo foi responsável pelo desenvolvimento do conceito vigor (ABRANTES, 2011). Este conceito torna-se importante para se selecionar os lotes que apresentam germinação semelhante, para fins de armazenamento, porque eles podem apresentar diferentes capacidades de armazenagem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Assim, considera-se que lotes que apresentem maior porcentagem de emergência, em condições não controladas de campo, são mais vigorosos. Entretanto, ao se analisar os resultados observados neste trabalho, constatados pela EAR (Tabela 10), sugerem que os lotes de sementes (2015 e 2016) apresentaram vigor semelhantes, posto que o percentual germinativo de ambos encontra-se acima de 80%, sendo este o valor mínimo exigido para comercialização, porém, ao se verificar os resultados referentes ao EA e a CE (Tabela 9), nota-se que as sementes provenientes de 2015 eram mais vigorosas. Isto corrobora o reportado por Marcos Filho (2015), que o vigor das sementes é reflexo da manifestação de um conjunto de características, que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme das plântulas.

Para o comprimento de plântulas emergidas em areia não foram constatados efeitos significativos em 2015, entretanto, em 2016, o CPA foi influenciado pelas épocas de aplicação, sendo maior em R1 quando comparado a V4.6 (Tabela 10).

Na avaliação da massa seca de plântulas emergidas em areia, não se constatou efeito significativo para nenhum dos fatores avaliados em 2015. Porém, em 2016, a MSPA foi influenciada pelas épocas de aplicação, assim como, pelas fontes de Mo utilizadas, sendo a maior MSPA encontrada em função da aplicação em R1, bem como, da utilização do produto Geoclean (Tabela 10).

Na Tabela 11 estão os resultados referentes aos teores de molibdênio encontrados em função da análise do micronutriente existente na plântula inteira de ervilha emergida em areia. Assim, observou-se que todos os fatores estudados influenciaram o teor de Mo nas plântulas. Sendo que em 2015, foi constatada uma interação entre épocas de aplicação, fontes e doses de

molibdênio, enquanto que, no segundo ano de avaliações, houve interação apenas para épocas de aplicação x doses de Mo.

Tabela 11 - Valores médios obtidos para teores de molibdênio na plântula inteira (Mo) de ervilha emergida em areia, em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Ilha Solteira, SP, 2015 e 2016.

Tratamentos	Teor de molibdênio (mg kg ⁻¹)	
	2015	2016
Épocas de aplicação		
V4.6	8,72	4,39
R1	9,72	4,77
Fontes de Mo (g ha ⁻¹)		
MA	8,51	4,47
GEO	9,93	4,70
Doses de Mo (g ha ⁻¹)		
0	7,64	4,19
300	8,58	4,39
600	9,41	4,59
900	9,96	4,97
1500	10,52	4,76
TESTE F		
Época (E)	19,00**	18,69**
Fontes de Mo (F)	38,31**	6,79*
Doses de Mo (D)	19,66**	9,42**
E x F	34,01**	2,49 ^{ns}
E x D	21,86**	7,40**
F x D	8,40**	1,17 ^{ns}
E x F x D	3,00*	1,96 ^{ns}
DMS	0,46	0,18
CV (%)	11,12	8,67

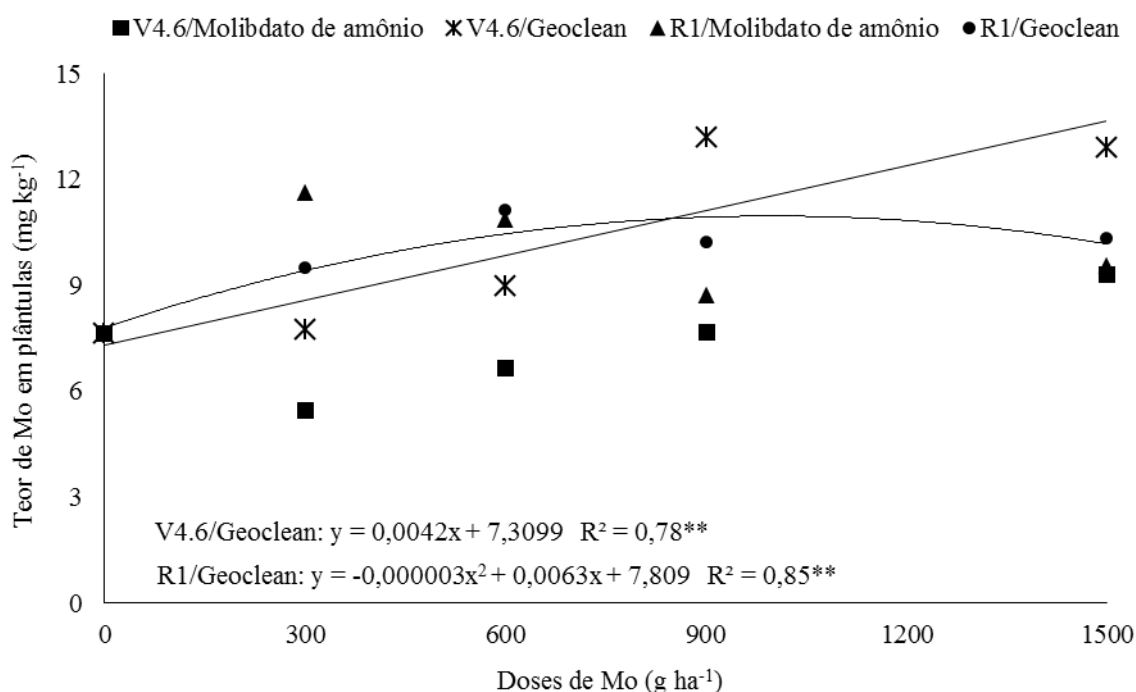
Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

O desdobramento para teor de Mo em plântulas de ervilha emergidas em areia revelou que em 2015, os dados resultantes da aplicação do produto Geoclean em V4.6 se adequaram a

um ajuste linear crescente, enquanto que a aplicação em R1 promoveu ajuste quadrático, sendo o ponto de máximo na dose de 1.050 g ha^{-1} de Mo, a qual proporcionou um teor de $11,12 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo nas plântulas de ervilha (Figura 9).

Figura 9 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo x doses de Mo para os teores de Mo na plântula inteira de *P. sativum* emergida em areia. Ilha Solteira, SP, 2015.

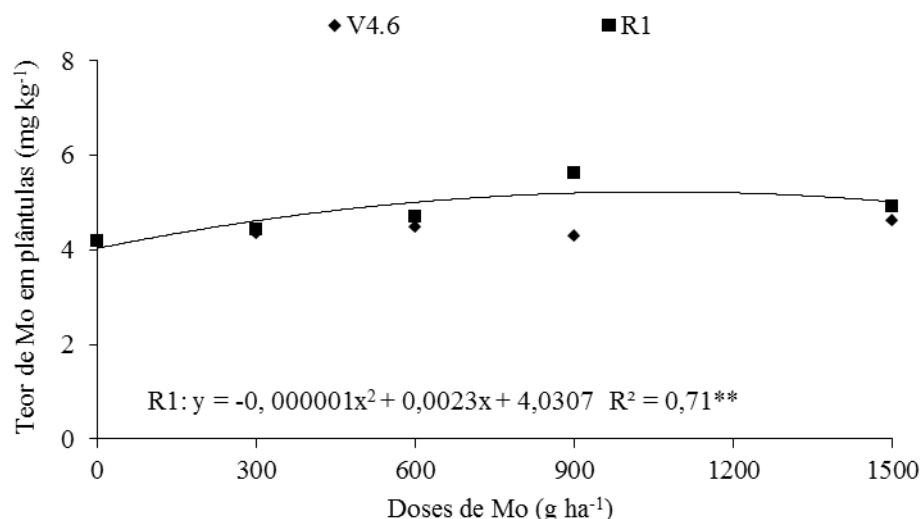


Fonte: Dados do próprio autor.

Quanto ao desdobramento da interação entre épocas de aplicação e doses de Mo constatada em 2016, para o teor de Mo em plântulas, este evidenciou pelo ajuste quadrático, que a aplicação realizada em R1 aumentou o teor desse nutriente nas plântulas de ervilha até a dose de 1.150 g ha^{-1} de Mo, promovendo um teor de $5,35 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo (Figura 10).

Vieira, Ferreira e Prado (2011) verificaram que os conteúdos de Mo na semente do feijão Ouro Negro apresentaram aumento de $0,217 \mu\text{g}$, para cada 100 g de aumento da dose de Mo, em solo com pH de 6,1. Do mesmo modo que o aumento da dose de Mo favoreceu o teor do micronutriente na plântula de ervilha (Figuras 9 e 10).

Figura 10 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de molibdênio para os teores de Mo na plântula inteira de *P. sativum* emergida em areia. Ilha Solteira, SP, 2016.



Fonte: Dados do próprio autor.

A escolha da época de aplicação se constitui em fator importante a ser considerado, quando se opta pela realização da aplicação do molibdênio via foliar (JACOB-NETO; FRANCO, 1998). Nesse sentido, observando os resultados de uma forma geral, nota-se que a aplicação de Mo em R1 foi benéfica à maioria dos atributos relacionados à qualidade fisiológica das sementes de ervilha.

4.4 Concentração de nutrientes nas sementes de ervilha (2015 e 2016)

Na Tabela 12 constam os resultados referentes à análise dos macronutrientes (N, P, K e Ca) realizada nas sementes de ervilha em 2015 e 2016.

Para os teores de N, observou-se diferença significativa somente em 2016, constatando influência de todos os fatores estudados, porém, com a realização do desdobramento, os dados não promoveram ajuste significativo a nenhuma das funções testadas (Tabela 12). Assim, as doses de Mo não proporcionaram o resultado esperado, posto que, o molibdênio seja um micronutriente essencial para fixação do N₂ (MALAVOLTA, 1981), apresentando participação importante em dois fatores do metabolismo nitrogenado, ou seja, participa da redutase do nitrato, onde este (NO₃⁻) é reduzido a nitrito (NO₂⁻), assim como, da nitrogenase (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Tabela 12 - Valores médios obtidos para os teores dos macronutrientes N, P, K e Ca em sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.

	N		P		K		Ca	
Tratamentos	(g kg ⁻¹)							
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Épocas de aplicação								
V4.6	40,51	41,67	6,37	6,59 a	14,03	18,87	0,07	1,62
R1	41,26	42,83	6,18	6,12 b	13,88	19,16	0,07	1,71
Fontes de Mo								
MA	41,20	42,05	2,26	6,35	13,82	18,85	0,07	1,58
GEO	40,57	42,46	6,29	6,37	14,09	19,18	0,07	1,75
Doses de Mo (g ha ⁻¹)								
0	39,86	41,28	6,19	6,32	14,30	20,65	0,07	1,82
300	39,59	43,54	6,23	6,38	13,74	19,62	0,07	1,62
600	42,08	42,82	6,22	6,29	13,98	18,16	0,05	1,54
900	40,66	41,63	6,41	6,47	14,18	18,77	0,08	1,60
1.500	42,24	42,00	6,33	6,34	13,58	17,89	0,06	1,72
Teste F								
Épocas	0,75 ^{ns}	2,13 ^{ns}	2,16 ^{ns}	15,60**	0,16 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Fontes	0,51 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,11 ^{ns}	8,65**
Doses	1,57 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,53 ^{ns}	6,28**	1,90 ^{ns}	2,77*
E x F	1,26 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,39 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,16 ^{ns}	5,56*
E x D	0,34 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,49 ^{ns}	3,32*	0,58 ^{ns}	3,13*
F x D	0,18 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,52 ^{ns}
E x F x D	0,74 ^{ns}	3,01*	0,68 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,70 ^{ns}
DMS	1,75	1,59	0,26	0,24	0,74	0,81	0,01	0,12
CV (%)	9,58	8,42	9,30	8,36	11,79	9,49	45,30	15,73

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

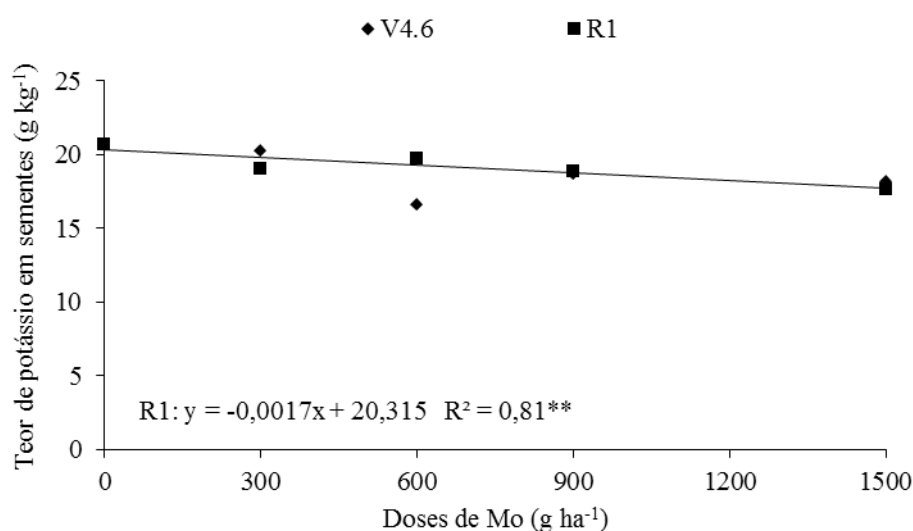
Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação aos teores de P, observou-se diferença significativa somente em 2016, sendo esta resultante das épocas de aplicação, sendo que o maior teor de P nas sementes de

ervilha, foi observado em função da aplicação de Mo em V4.6, enquanto que para fontes e doses, não foi verificado efeito significativo para esta variável (Tabela 12).

Para os teores de potássio não se verificou influência significativa dos tratamentos em 2015, porém, em 2016 constatou-se interação entre épocas de aplicação e doses de Mo, assim a aplicação realizada em R1, resultou em ajuste linear decrescente, enquanto que, a aplicação em V4.6, não promoveu ajuste às funções testadas (Figura 11).

Figura 11 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de Mo para os teores de potássio (g kg^{-1}) em sementes de ervilha, Selvíria, MS, 2016.



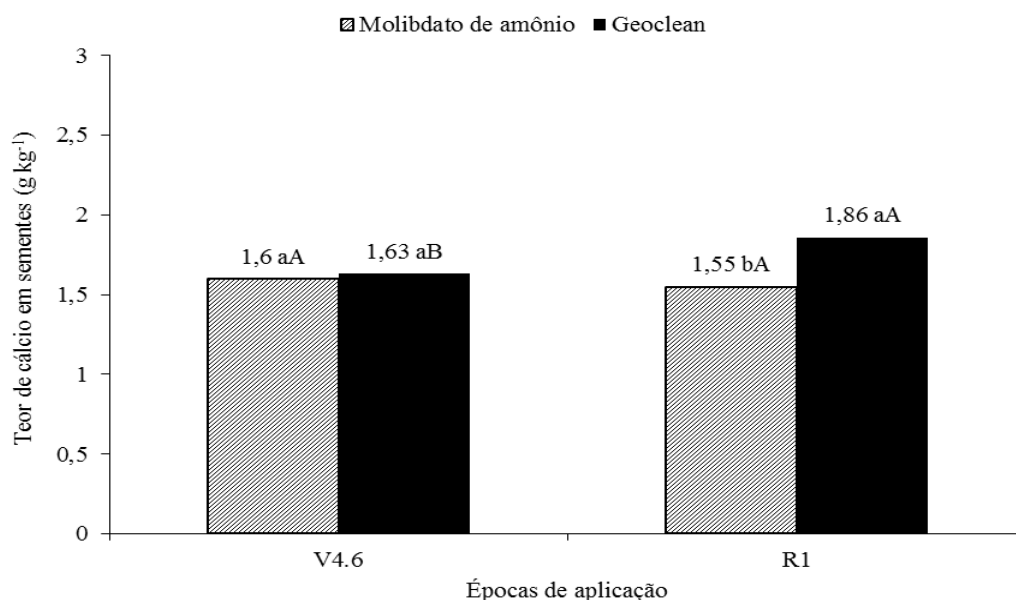
Fonte: Dados do próprio autor.

Quanto aos teores de cálcio nas sementes da ervilha, não houve efeito significativo dos fatores avaliados no primeiro ano. Em 2016, verificou-se interação entre épocas de aplicação e fontes de Mo, sendo os maiores teores de cálcio resultantes da aplicação do produto Geoclean, porém, só houve efeito significativo entre fontes, quando estas foram aplicadas em R1, com o produto Geoclean superando o molibdato de amônio. Com relação às épocas de aplicação, diferença significativa foi observada com a aplicação do produto Geoclean em R1 promovendo maior teor de Ca em relação à efetuada em V4.6 (Figura 12). Também se constatou interação entre épocas de aplicação e doses de Mo (Tabela 12), porém, os dados não se ajustaram às funções testadas.

Observando os resultados desse trabalho, assim como os teores de cálcio, a porcentagem de germinação foi superior quando se realizou a aplicação do nutriente em R1, mostrando que o teor desse nutriente pode estar relacionado com o maior percentual germinativo das sementes de ervilha (Tabela 7). Isto com base no reportado por Maeda, Lago

e Tella (1986) que constataram que o conteúdo de cálcio favorece a germinação das sementes, posto que, sementes produzidas na presença de calcário, embora de menor tamanho, apresentaram os valores mais altos de germinação e vigor.

Figura 12 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo para os teores de cálcio (g kg^{-1}) em sementes de ervilha, Selvíria, MS, 2016.



Nota: Médias seguidas de mesma letras minúsculas e maiúsculas não diferem entre si para fontes e épocas de aplicação, respectivamente.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de magnésio, enxofre e molibdênio presentes nas sementes de ervilha, foram influenciados significativamente pelas épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio nos dois anos de estudo (Tabela 13).

Na avaliação do teor de magnésio em 2015, detectou-se interação entre fontes e doses de Mo (Tabela 13), porém, o desdobramento dos dados evidenciou que, para a aplicação do produto Geoclean, houve ajuste à função $y = -0,000000x^2 + 0,00064x + 0,834$, $R^2 = 0,40^*$, com baixo coeficiente de determinação. Não houve ajuste às funções testadas para o molibdato de amônio. Em 2016, constatou-se interação entre épocas de aplicação e fontes de Mo, assim como, para épocas de aplicação e doses de Mo (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios obtidos para os teores dos macronutrientes Mg e S e do micronutriente Mo em sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.

Tratamentos	Mg		S		Mo	
	(g kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Épocas de aplicação						
V4.6	0,92	2,02	9,43	3,87	6,80	4,09
R1	0,96	2,23	9,74	3,43	7,89	4,43
Fontes de Mo						
MA	0,87	2,09	9,16 b	3,62	7,03	4,16
GEO	1,01	2,17	10,01 a	3,68	7,66	4,35
Doses de Mo (g ha ⁻¹)						
0	0,91	2,38	8,89	3,39	6,50	3,96
300	0,90	2,16	9,63	3,73	7,58	4,24
600	0,85	2,04	9,57	3,59	7,27	4,36
900	1,10	2,02	10,0	3,89	7,46	4,27
1.500	0,93	2,03	9,82	3,65	7,92	4,46
Teste F						
Época (E)	0,89 ^{ns}	12,86**	1,01 ^{ns}	56,05**	22,90**	42,99**
Fontes (F)	8,91**	2,03 ^{ns}	7,42**	0,91 ^{ns}	7,64**	13,48**
Doses (D)	3,49*	5,47**	1,47 ^{ns}	7,93**	4,40**	10,27**
E x F	2,27 ^{ns}	4,17*	0,06 ^{ns}	4,11 ^{ns}	8,93**	63,00**
E x D	1,74 ^{ns}	3,48*	0,89 ^{ns}	6,38**	1,52 ^{ns}	10,47**
F x D	3,18*	0,39 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,28 ^{ns}	10,58**
E x F x D	2,34 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,30 ^{ns}	5,19**	0,56 ^{ns}	9,90**
DMS	0,09	0,12	0,63	0,12	0,45	0,11
CV (%)	22,09	15,26	14,57	7,08	13,77	5,52

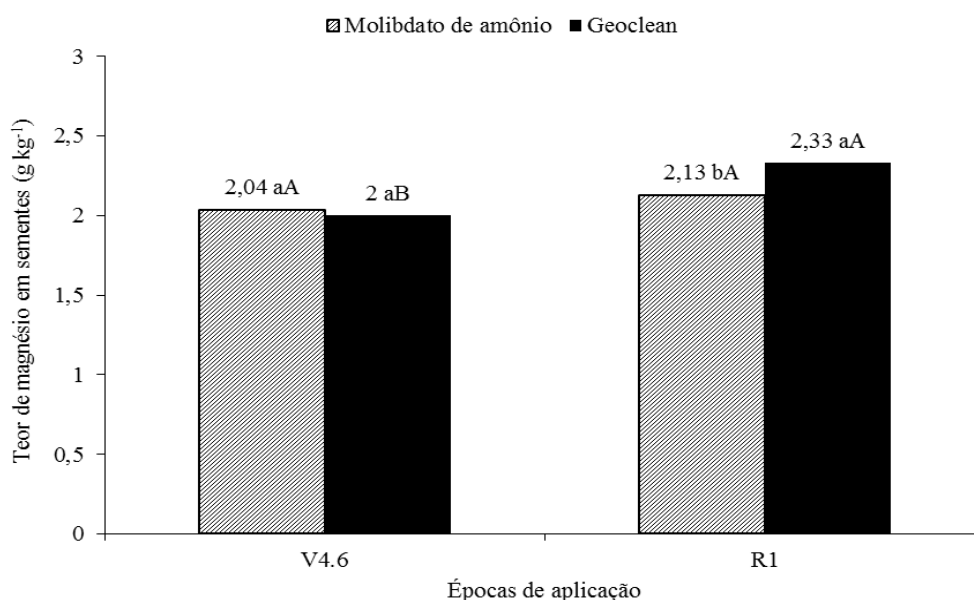
Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com o desdobramento da interação entre épocas de aplicação e fontes de Mo, observou-se que dentre fontes de Mo, houve efeito significativo apenas quando estas foram aplicadas em R1, com o produto Geoclean promovendo maior teor de Mg em relação ao molibdato de amônio. Quanto às épocas de aplicação, a efetuada no estágio R1 proporcionou

maiores teores de Mg, entretanto, diferiu significativamente, apenas mediante à utilização do produto Geoclean (Figura 13). Observou-se que a interação entre épocas de aplicação e doses de Mo (Tabela 13), resultou em ajuste quadrático, em função da aplicação em V4.6, cujo ponto de mínimo foi na dose de 570 g ha⁻¹ de Mo, promovendo 2,05 g kg⁻¹ de magnésio. Não houve ajuste significativo às funções testadas, referente à aplicação das doses de Mo em R1.

Figura 13 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo para os teores de magnésio (g kg⁻¹) em sementes de ervilha, Selvíria, MS, 2016.

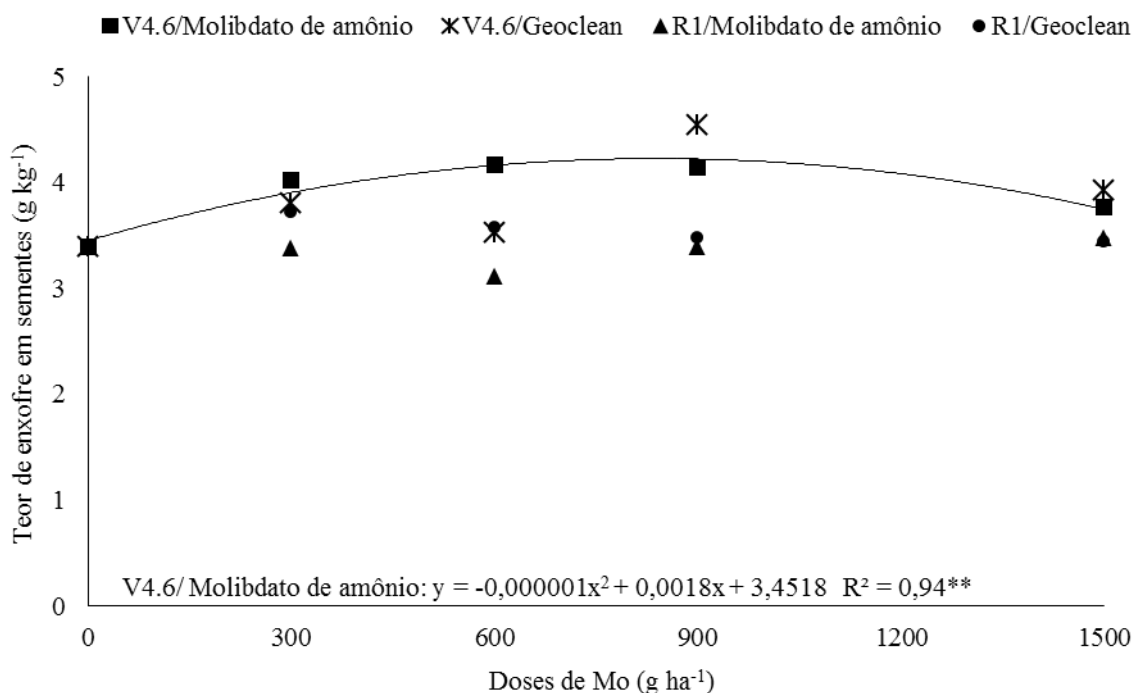


Nota: Médias seguidas de mesma letras minúsculas e maiúsculas não diferem entre si para fontes e épocas de aplicação, respectivamente.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores de enxofre foram influenciados pelas fontes de Mo em 2015, sendo o maior teor desse nutriente resultante da utilização do produto Geoclean. Na avaliação realizada em 2016, verificou-se que os teores de S foram influenciados por todos os fatores analisados, sendo que a aplicação do molibdato de amônio em V4.6 promoveu ajuste quadrático positivo, cujo ponto de máximo foi na dose de 900 g ha⁻¹ de Mo, o qual resultou em 4,26 g kg⁻¹ de enxofre. As demais combinações de fatores não se adequaram aos ajustes testados (Figura 14).

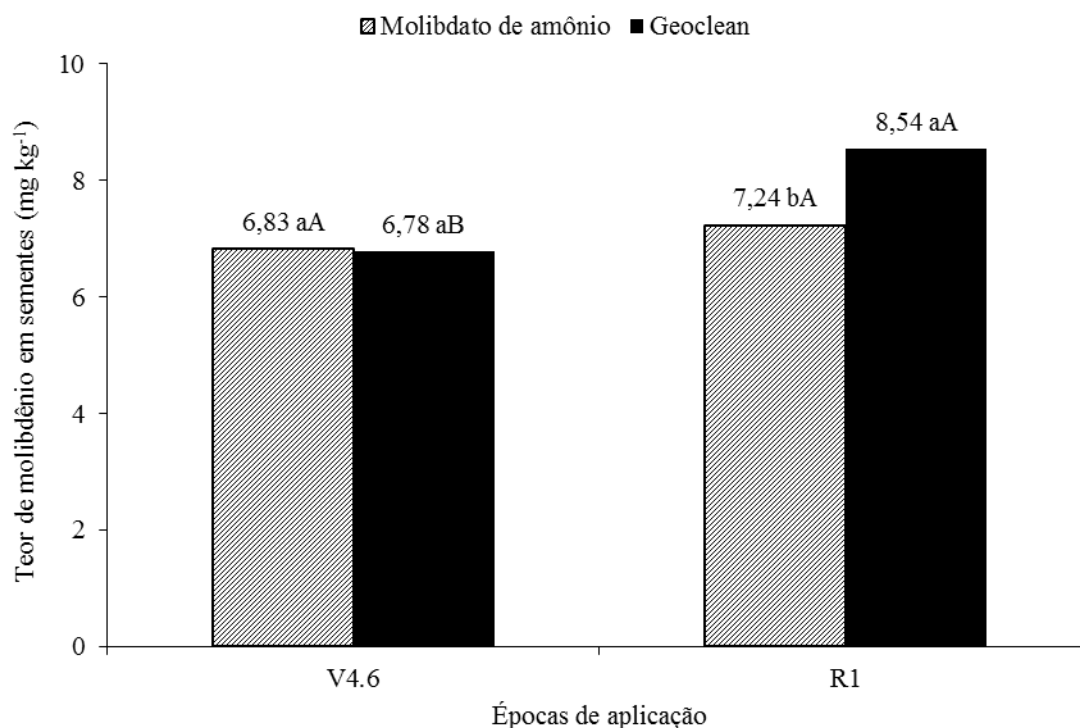
Figura 14 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo x doses de Mo para os teores de enxofre (g kg^{-1}) em sementes de ervilha, Selvíria, MS, 2016.



Fonte: Dados do próprio autor.

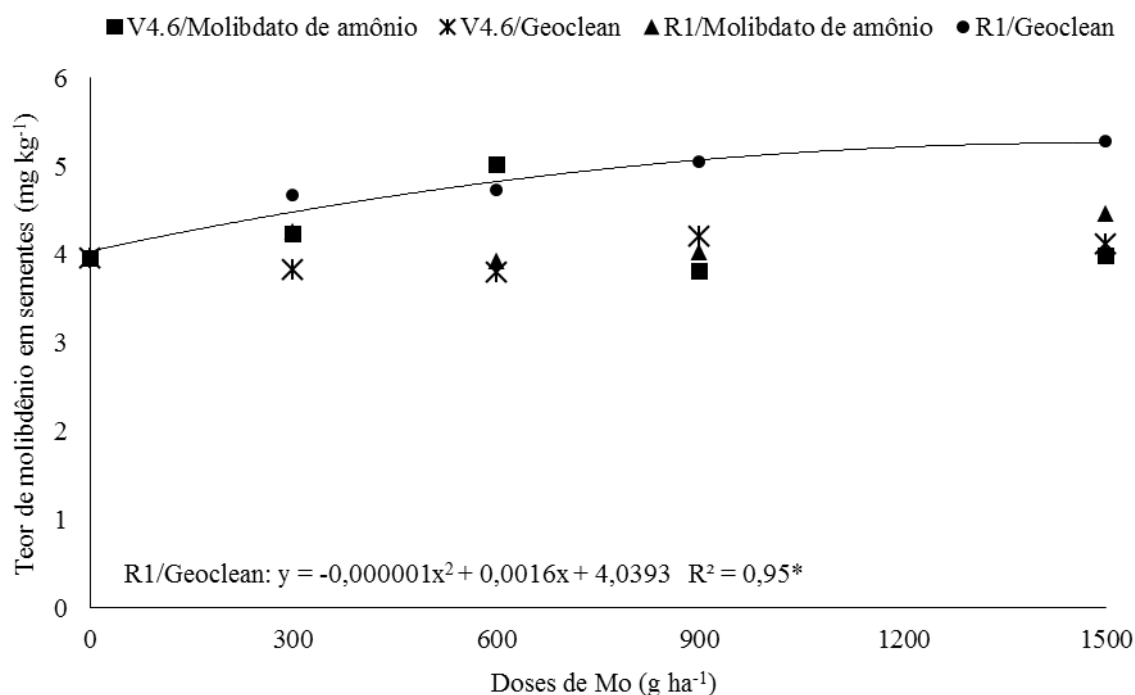
Para os teores de Mo em sementes de ervilha, observou-se que, em 2015, houve interação entre épocas de aplicação e fontes de Mo. O desdobramento, evidenciou que quanto às fontes utilizadas, o maior teor de Mo resultou da aplicação do produto Geoclean em R1, do mesmo modo que, com relação às épocas de aplicação, porém, constatou-se efeito significativo resultante da aplicação em R1 superando V4.6 somente com a aplicação do produto Geoclean (Figura 15). Em 2016, ocorreu uma interação tripla para o teor de Mo nas sementes, detectando um efeito quadrático positivo quando se aplicou o produto Geoclean em R1, sendo que a dose estimada de 800 g ha^{-1} de Mo promoveu $4,68 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo (Figura 16). Este resultado sugere que o início da fase reprodutiva é a época mais adequada à aplicação do Mo em ervilha, corroborando com Possenti e Vilela (2010), os quais mencionaram que dentre as tecnologias testadas e recomendadas ao produtor está o enriquecimento de sementes com molibdênio, aplicados via foliar, em doses elevadas durante a fase reprodutiva. Milani et al. (2008) observaram um aumento linear no teor de Mo nas sementes de soja, cultivares Conquista e CD-215, em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdato (39%) na “planta mãe”.

Figura 15 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo para os teores de molibdênio (mg kg^{-1}) em sementes de ervilha, Selvíria, MS, 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 16 - Desdobramento da interação épocas de aplicação x fontes de Mo x doses de Mo para os teores de molibdênio (mg kg^{-1}) em sementes de ervilha, Selvíria, MS, 2016.



Fonte: Dados do próprio autor.

Não se constatou diferenças significativas para os teores de proteína analisados em 2015, entretanto, em 2016, houve interação tripla dos fatores (Tabela 14).

Tabela 14 - Valores médios obtidos para teores de proteína nas sementes de ervilha em função de épocas de aplicação, fontes e doses de molibdênio. Selvíria, MS, 2015 e 2016.

Tratamentos	Teor de proteína (%)	
	2015	2016
Épocas de aplicação		
V4.6	25,32	26,04
R1	25,79	26,77
Fontes de Mo (g ha ⁻¹)		
MA	25,75	26,28
GEO	25,36	26,53
Doses de Mo (g ha ⁻¹)		
0	24,91	25,80
300	24,75	27,21
600	26,30	26,76
900	25,41	26,02
1500	26,40	26,25
TESTE F		
Época (E)	0,75 ^{ns}	2,13 ^{ns}
Fontes de Mo (F)	0,51 ^{ns}	0,26 ^{ns}
Doses de Mo (D)	1,57 ^{ns}	1,07 ^{ns}
E x F	1,26 ^{ns}	0,01 ^{ns}
E x D	0,34 ^{ns}	1,52 ^{ns}
F x D	0,18 ^{ns}	0,70 ^{ns}
E x F x D	0,74 ^{ns}	3,02*
DMS	1,10	1,00
CV (%)	9,58	8,42

Nota: *, **, e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey; V4.6 (sexto trifólio totalmente aberto); R1 (uma flor/planta em 50% das plantas de cada parcela);); MA = molibdato de amônio; GEO = produto Geoclean.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com o desdobramento da interação épocas de aplicação x doses de molibdênio x fontes de molibdênio, verificou-se que não houve ajuste significativo para nenhuma das

combinações às funções testadas. Nogueira (2008) verificou o efeito do B (40 g ha^{-1}), Mo (75 g ha^{-1} , aos 20 DAE) e Zn ($3,0 \text{ kg ha}^{-1}$) no conteúdo de proteínas nas sementes de ervilha cultivar Utrillo e, não obteve resposta significativa para esta variável. Por outro lado, Lopes et al. (2014) observaram respostas positivas para o teor de proteína em função da aplicação foliar de Mo (80 g ha^{-1} de Mo) na cultura do feijoeiro comum. Silva et al. (2011) verificaram a influência do molibdênio e do cálcio aplicados via semente nas frações proteicas de amendoim e constataram que o teor de Mo, propicia o aumento da prolamina, enquanto que, a combinação das doses dos dois nutrientes incrementaram o teor de albumina, glutelina e globulina nas sementes de amendoim.

4.5 Potencial de nodulação

Não foi constatada a presença de nódulos em função de nenhum dos tratamentos efetuados. Para que ocorra a nodulação da leguminosa em estudo acredita-se que seja necessário uma estirpe do microrganismo que seja específica ou que tenha potencial para colonizar e nodular as raízes de ervilha, o que não ocorreu com a utilização do *Bradyrhizobium japonicum*. Azevedo et al. (2002) verificaram o potencial de nodulação de ervilhas, entretanto, com a utilização do boro, sendo as sementes infectadas com estirpes específicas de *Rhizobium leguminosarum* (BR 618 e BR 619) e observaram que nos solos GX (Gleissolo Háplico) e OU (Organossolo Mésico artificialmente drenado), a nodulação ocorreu nas raízes das plantas independente das doses de B aplicadas, especialmente no entorno da raiz principal. Por outro lado, não ocorreu nodulação nas plantas cultivadas no solo GM (Gleissolo Melânico), o qual possui alto teor de matéria orgânica, provavelmente, pela presença de microrganismos antagonicos ou mesmo pelos níveis de mineralização de N.

5 CONCLUSÕES

1. As doses crescentes de molibdênio proporcionaram o enriquecimento do nutriente nas sementes de ervilha;
2. A aplicação de molibdênio em ervilha deve ser efetuada no estágio R1;
3. O produto Geoclean proporcionou maior acúmulo do nutriente, assim como, interferiu de forma positiva para a maioria dos atributos referentes à qualidade fisiológica das sementes de ervilha.
4. A aplicação de molibdênio não promoveu aumento na produtividade de sementes de ervilha.
5. O uso de sementes enriquecidas com Mo não favoreceu o processo de nodulação da ervilha.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS - ABRASEM . **Anuário 2015**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/anuarios/>>. Acesso em: 05 mar. 2017.
- ABRANTES, F. L. **Doses de regulador vegetal em sistema de semeadura convencional e direta sobre a produtividade, teor de nutriente nas folhas e nas sementes e qualidade fisiológica das sementes de três cultivares de feijão**. 2011. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2011.
- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 11, p. 645-736.
- ALBINO, U. B.; CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 527-534, 2001.
- A.O.A.C. Association of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis of the A.O.A.C.** Washington: A.O.A.C., 1970. 1015 p.
- ARAÚJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijão. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília, DF: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSo, 1994. Cap. 3, p. 91-120.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 10, p. 253-280.
- ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.
- AZEVEDO, W. R.; FAQUIN, V.; MOREIRA, F. M. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C.; LISBOA, C. C. Efeito do boro na nodulação da ervilha cultivada em solos de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1137-1143, 2002.
- BACHEGA, R. C. C. **Efeito da adubação nitrogenada nas características agronômicas em soja sob baixa latitude**. 2015. 37 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- BORTELS, H. Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. **Archives of Microbiology**, Berlin, v. 1, p. 333-342, 1930.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do N₂. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 06-09, 2002.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Enriquecimento de sementes de soja com molibdênio como fator de aumento da eficiência da fixação biológica do nitrogênio e do rendimentos da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., Londrina,. **Anais...** Londrina: Embrapa, 2003.

CAMPO, R. J.; LANTMANN, A. F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 8, p.1245-1253, 1998.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588 p.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Função dos micronutrientes nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 65-78.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006. Cap. 13, p. 327-354.

DIESEL, P.; SILVA, C. A. T.; SILVA, T. R. B.; NOLLA, A. Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 8, p.169-174, 2010.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; SILVA, M. R.; PAVINATO, P. S.; HABITZREITER, T. L. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2741-2752, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisas da soja. **Recomendações técnicas para o cultivo da soja na região central do Brasil**, 1996/1997. Londrina, 1996, 164 p. (Embrapa-Soja. Documentos, 96).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Cultivares de ervilha para produção de grãos verdes**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/ervilha.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006, 403p.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASSOROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; SANTOS, O S.; MULLER, L. Fisiologia da fixação biológica de nitrogênio em soja – revisão. **Revista de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FAGERIA, N. K. Nutrição e adubação potássica do arroz no Brasil. In: YAMADA, T. ed. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa; Londrina: Fundação IAPAR, 1982. 556 p.

FERREIRA, D. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R.. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2002. 402 p.

FONSECA, F. C. **Utilização de molibdênio via foliar no enriquecimento de sementes de soja**. 2006. 33 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- área de concentração: solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

FRANCO, A. A.; DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brasil. **Turrialba**, San José, v. 30, n. 1, p. 99-105, 1980.

FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 45, n. 6, p. 1144-1148, 1981.

FRANCO JUNIOR, M. A. **Ervilha**: cultura alternativa de bons rendimentos. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: < <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/ervilha-cultura-alternativa-de-bons-rendimentos-1219>>. Acesso em: 06 fev. 2017.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; BATAGLIA, O. C.; HIROCE, R.; GALLO, J. R.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 5, p. 33-44, 1978.

GIORDANO, L. B.; FRANÇA, F. H.; CRISÓSTOMO, L. A.; SILVA, C. B.; AGUILAR, J. A. E.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; ROCHA, F. E. C.; DIAS, J. A. A.; PAEZ, P. B.; SILVA, H. R.; MATOS, A. T.; GUEDES, A. C.; CARRIJO, O. A.; ANDREOLI, C. **As culturas da ervilha e da lentilha**. Brasília, DF: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 1993. 54 p.

GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E.; ROBAINA, A. D.; DE SOUZA, 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, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2006.

GUPTA, U. C.; LIPSETT, J. **Molybdenum in soil, plants and animals**. Advance in Agronomy, New York, v. 34, n. 1, p. 73-115, 1981.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7. ed. New Jersey: Pearson. 2005. 528 p.

HERNANDES, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEID, 1995. 45. (Série Irrigação, 1).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 82 p. (Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Inoculação de sementes é mais econômica. **Campo & Negócios, Grãos**, Uberlândia, v. 12, n. 135, p. 16-17, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/999143/inoculacao-de-sementes-e-mais-economica>>. Acesso em: 26 fev. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2015**. Rio de Janeiro, v. 42, 2015. 59 p.

JACOB-NETO, J. **Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de molibdênio nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1985. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural do rio de Janeiro, Itaguaí, 1985.

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A. A. Época de aplicação foliar visando aumentar a concentração de Mo em sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Guarapari. **Anais...** [S. l.: s. n.], 1988.

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

KAMICKER, B. J.; BRILL, W. J. Identification of *Bradyrhizobium japonicum* nodule isolates from Wisconsin soybean farms. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 51, n. 3, p. 487-492, 1986.

KRZYŻANOWSKY, F. C.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKY, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 4.1- 4.26, 1999.

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, n. 4, p. 1635-1641, 2008.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

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. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.

LIMA, T. C. **Enriquecimento de sementes de feijão com molibdênio e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes e na produtividade em três gerações de plantio**. 2009. 52f. Tese (*Doctor Scientiae*) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

LOMBARDI, M. L. C. O. Fixação biológica do nitrogênio atmosférico. **O Agrônomo**. Campinas, v. 51, n. 1, 1999. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/fixacao_biologica.php>. Acesso em 25 fev. 2015.

LOPES, J. F.; COELHO, F. C.; RANGEL, O. J. P.; RABELLO, W. S.; GRAVINA, G. A.; VIEIRA, H. D. Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 2, p. 234-240, 2014.

MAEDA, J. A.; LAGO, A. A.; TELLA, R. Efeito de calagem e adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 9, p. 941-944, 1986.

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

MAHLER, R. L.; BULL, R. C. **Molybdenum in Idaho**. Moscow: University of Idaho, College of Agriculture; Cooperative Extension Service; Agricultural Experiment Station, 1982.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós. 1997, 319 p.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2015.

MARCONDES, J. A. P. **Nodulação e absorção de nitrogênio pela soja em resposta à aplicação de cobalto e molibdênio**. 2001. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MARCONDES, J. A. P.; CAIRES, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 687-694, 2005.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da quantidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. NewYork: Academic, 1986. 674 p.

MELO FILHO, L. C. **Adubação foliar com molibdênio no feijoeiro em Rondônia**. 2008. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

MELO FILHO, L. C.; CAMARGO, S. L.; LEITE, U. T.; LIMA, A. A. Adubação molíbdica em feijoeiro no cone sul de Rondônia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n. 2-4, p. 228-233, 2011.

MILANI, G. L. **Aplicação foliar de molibdênio durante a maturação das sementes de soja: efeitos na produtividade, no teor de Mo, na qualidade das sementes e na nodulação**. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

MILANI, G. L.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, L. H. C.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M. Nodulação e desenvolvimento de plantas oriundas de sementes de soja com altos teores de molibdênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 019-027, 2008.

MORAES, L. M. F. LANA, R. M. Q.; MENDES, C.; MENDES, E.; MONTEIRO, A.; ALVES, J. F. Redistribuição do molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1496-1502, 2008.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado no desempenho de plântulas. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. P. 2.1-2.24.

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 da semente. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18; p. 343-352, 2014.

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O.; BARBOSA, G. F.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, R. S.; CASTRO, R. M. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto II – características agrônômicas e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.351-358, 2009.

NOGUEIRA, D. C. **Efeito do B, Mo e Zn no conteúdo de proteínas, carboidratos e aminoácidos livres em grãos e sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.)**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2008.

NOGUEIRA, D. C.; HAGA, K. I.; FRANCO, R. A. M. Determinação do conteúdo de proteínas, carboidratos, aminoácidos e teor de nutrientes dos grãos de ervilha, cultivadas sob aplicação foliar de boro, zinco e molibdênio. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 12, n. 1, p. 276-283, 2015.

OLIVEIRA, C. O. **Produção e posterior semeadura de sementes de soja enriquecida com molibdênio: qualidade fisiológica, alterações químicas e nutricionais, métodos e épocas de aplicação**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2015.

PESSOA, A. C. S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PESSOA A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “ouro negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 75-84, 2000.

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. 24, p. 217-224, 2001.

POLVANI, R. L.; PINTO, J. C.; MANNIGEL, A. R.; MORESKI, H. M. Resposta da soja inoculada a diferentes doses de molibdênio. In: Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, 6., 2012, Maringá, **Anais eletrônicos...** Maringá: Centro Universitário de Maringá, 2012. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/vi_mostra/rafael_leibante_polvani_1.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2015.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF. AGIPLAN, 1985. 289 p.

POSSENTI, J. C. **Qualidade fisiológica de sementes de soja enriquecidas com molibdênio**. 2007. 51 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelota, 2007.

POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 143-150, 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp, 2008, 407 p.
RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987, 170 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A.L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006. Cap. 6, p. 153-174.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Org.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. Cap. 5, p. 171-209.

ROSSI, R. L.; SILVA, T. R. B.; TRUGILO, D. P.; REIS, A. C. S.; FARIAS, C. M. Q. Adubação foliar com molibdênio na cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 1, n. 1, p. 12-23, 2012.

- RURALNEWS. **O cultivo de ervilha**. [S. l.], 2015. Disponível em: <<http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=105>>. Acesso em: 22 jan. 2015.
- SÁ, M. E. de. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E. de; BUZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.
- SANTOS, M. A. S.; HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R. Nutrição mineral de hortaliças. XX Absorção de macro e micronutrientes pela ervilha (*Pisum sativum* L.). **Anais Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 29, p. 127-153, 1972.
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 43 p. (Documentos, 231).
- SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36 p. (Documentos, 322).
- SHUMAN, L. M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R. E. (Ed.) **Plant environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 149-182.
- SILVA, M. P.; SÁ, M. E.; ARF, O.; ABRANTES, F. L.; SOUZA, L. C. D.; BERTI, C. L. F.; ARRUDA, N. Influência do molibdênio e do cálcio aplicados via semente nas frações proteicas de amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 21., 2011, Natal. **Anais...** Natal: ABRATES, 2011. 1 CD-ROM.
- SILVA, A. C.; COSTA, D. S.; BARBOSA, R. M.; LAZARINI, E. Cobalto e molibdênio via foliar em amendoim: características agrônômicas da produção e potencial fisiológico das sementes. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 09-15, 2012.
- SILVA, E. B.; SANTOS, S.R.; FONSECA, F. G.; TANURE, L. P. P.; FREITAS, J. P. X. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro irrigado cultivado no norte de minas gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 64-71, 2012.
- SOUZA, M. F. P. **Modos de aplicação de manganês e zinco em dois cultivares de soja**. 2015. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2015.
- SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; REATTO, A. Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Org.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. Cap. 2, p. 41-70.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TECNOLOGIAS de produção de soja: região central do Brasil 2007. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11).

TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; SATO, A. M.; MENGARDA, C. A.; SANTOS, D. H. Influência do molibdênio associado ao cobalto na cultura da soja, aplicados em diferentes estágios fenológicos. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 3, n. 1, p. 01-07, 2007.

VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R.; VANZELA, S. L.; IGNÁCIO, L. A. P. Tratamento de sementes de milho com zinco e molibdênio: efeitos na emergência e no vigor. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Bento Gonçalves: CNMS, 2016. Disponível em: <http://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1016.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2017.

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, v. 41, n. 2, p. 163-169, 2011.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, 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. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, p. 415-419, 2015.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 12, p. 299-325.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2012, v. 2, 149 p.