

UMA REVISÃO GERAL: ALGUNS ASPECTOS DA FERTILIZAÇÃO FOLIAR E FERTIGAÇÃO NA CULTURA DO FEIJÃO NO BRASIL

Jorge Luiz Abranches¹

O desenvolvimento da agricultura, a intensidade dos cultivos, o aspecto econômico, a escassez de água em algumas regiões e a falta de mão-de-obra requerem maior eficiência e controle nas aplicações de água e fertilizantes. Inúmeros trabalhos têm mostrado que a fertilização combinada com a irrigação responde às necessidades agrícolas, sendo adaptáveis aos diferentes planos de irrigação em todos os sistemas, sejam fixos, semi-fixos ou móveis (MAIA, 1989; TREADGILL et al., 1990).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média anual de 3,3 milhões de toneladas, sendo o país o maior produtor e consumidor, com participação superior a 90% na produção e no consumo (CONAB, 2016). Apresentando enorme relevância social e econômica, sendo cultivado nos mais diversificados sistemas de produção por pequenos, médios e grandes produtores, e em todas as regiões brasileiras, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a partir da década de 1980, sofreu inúmeras mudanças tecnológicas na cultura, com incrementos significativos na produtividade média principalmente devido a implantação e a expansão da área irrigada por aspersão e fertirrigação em São Paulo e em outros Estados das regiões Sudeste e Centro-oeste, (BISCARO et al. 2011), ressaltando que o feijoeiro também é uma das principais culturas plantadas na entressafra em sistemas irrigados nas regiões Central e Sudeste do Brasil (BARBOSA FILHO et al., 2001).

Nesse sentido, Carvalho et al. (2006) cita que diante da relevância social e econômica do feijoeiro, são considerados indispensáveis os sistemas e manejos de cultivo e o avanço tecnológico na cultura como a fertigaçoão por exemplo, com o intuito de aumentar sua competitividade, produtividade, e rentabilidade.

¹ Engenheiro Agrônomo da Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento de Bauru, Mestrando, FCA/UNESP Botucatu. E-mail: jorgeabranches@bauru.sp.gov.br.

A expansão da área irrigada no Brasil foi extremamente favorecida pelo uso de pivô central, sistema que responde por esse incremento dessas áreas, e é o que mais cresce (LOPES, 2006).

O Brasil com cerca de 20 mil pivôs centrais irrigando uma área de 1,275 milhão de hectares, está entre os dez países com maior área irrigada do mundo, mesmo assim, o País tem potencial para aumentar em cinco vezes as lavouras com essa tecnologia de irrigação (EMBRAPA, 2016).

A evolução do sistema possibilitou que ele se adaptasse as mais diferentes técnicas de produção, tanto de culturas perenes quanto anuais (MANTOVANI et al., 2006).

Contudo a produtividade de feijão, no Brasil, pode ser considerada extremamente baixa, inferior a 1000 kg ha^{-1} , não mostrando o potencial de rendimento das atuais cultivares recomendadas ($> 2000 \text{ kg ha}^{-1}$) (CONAB 2016). Dentre os fatores que podem estar contribuindo para essa realidade estão à pobreza dos solos brasileiros em fornecer macro e micro elementos, envolvendo cultivos em locais de solos com baixa fertilidade; a pouca utilização de insumos (Barbosa Filho et al. 2005), propiciando uma inadequada nutrição mineral da cultura entre outros fatores envolvendo fixação biológica do N (BINOTTI et al., 2009; BISCARO et al. 2011).

O cultivo de feijão irrigado acontece no período de outono-inverno, nas regiões sudeste, centro-oeste e parte do nordeste do Brasil. Os rendimentos geralmente são superiores a 1500 kg ha^{-1} , bem maiores que os obtidos sem irrigação nas outras épocas de semeadura. Esses rendimentos são tanto elevados quanto mais apropriada é a tecnologia utilizada pelos produtores, chegando a 3000 kg ha^{-1} (VIEIRA; RAVA, 2000).

Lopes, (2006) relata também que a importância da irrigação na cultura no Brasil se dá também, na região dos cerrados, onde o feijão é a principal cultura explorada no outono-inverno, onde se obtêm produtividades variadas acima de 3000 kg ha^{-1} . O Estado de São Paulo, novamente se destaca sua exploração com maior intensidade, principalmente na região sudeste, com o seu cultivo em grande parte iniciado a partir de agosto e setembro, sendo denominado de feijão das águas antecipado com o uso de irrigação (LOPES, 2006).

De acordo com Guerra et al (2000), na região do cerrado o cultivo do feijoeiro irrigado é, normalmente, a cultura anual de maior valor econômico, por isso atinge anualmente uma área superior a 100 mil hectares. Para os mesmos autores nessas áreas com irrigação e fertigação onde o feijoeiro é cultivado em épocas adequadas, garantindo principalmente o fornecimento de água para as plantas, estas conseguem por sua vez demonstrar seu potencial produtivo, encontrando-se em condições de ser cultivado com alto nível tecnológico, propiciando ao cultivo do feijão, produtividades obtidas nas lavouras em torno de 2400 kg/ha .

A cultura do feijão é considerada uma cultura de ciclo curto e exigente em nutrientes, em decorrência do sistema radicular superficial, a planta prioriza a colocação dos nutrientes próximos à raiz e com disposição em tempo e locais adequados, sendo isso de extrema relevância para ela expressar seu máximo potencial produtivo (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

As condições de baixa fertilidade dos solos brasileiros geram na maioria das vezes nutrição insuficientes, podendo comprometer a produção, ou em casos extremos levar a morte precoce. O equilíbrio nutricional é muitas vezes, o fator mais relevante e crítico na determinação da produtividade vegetal (TOMAZ, 2015).

Trabalhos científicos têm demonstrado que na adubação convencional cerca de apenas 1/3 dos adubos nitrogenados e potássicos aplicados no solo são aproveitados pelas plantas. Grande parte é perdida por lixiviação, escoamento superficial e volatilização (JÚNIOR et al., 2005).

A aplicação mecânica de fertilizantes é muitas vezes lenta e, em alguns casos, provoca a compactação do solo (JÚNIOR et al. 2005). Já a fertirrigação é muito mais rápida e cômoda e a solução de fertilizante dissolve-se de forma homogênea na água de irrigação, distribuindo-se na área da mesma forma que a água (CRUCIANI et al., 1998).

Dessa forma a fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes inorgânicos juntamente com a água de irrigação possibilitando o maior parcelamento dos adubos, o que pode reduzir as perdas comuns nas outras formas de adubação (SOUZA et al., 2003).

Costa e colaboradores (1986) citaram que a fertirrigação apresenta inúmeras vantagens, dentre elas a economia de mão-de-obra e maquinaria agrícola, aplicação no momento exato em que a planta necessita possibilidade de aplicação em qualquer fase do ciclo da cultura, fácil fracionamento e controle da quantidade de fertilizante aplicado, distribuição mais uniforme, maior eficiência de utilização dos nutrientes e menor dano físico ao solo e à cultura.

As recomendações de adubação muitas vezes não diferenciam quando as doses dos adubos são para aplicação na adubação convencional ou quando são aplicações via água de irrigação; o que pode contribuir, favorecendo a aplicação de elevadas taxas na fertirrigação (SOUZA et al. 2003).

Segundo Andreotti et al. (2005), uma adubação de semeadura (10 a 20 kg de N ha⁻¹) e uma em cobertura (20 a 40 kg N ha⁻¹) em torno de 30 dias após a germinação têm resultado em maior produtividade que aplicações nitrogenadas sucessivas. Aplicações pesadas de nitrogênio têm prejudicado sua fixação biológica, contudo é necessária a aplicação deste nutriente pelo menos na semeadura, mesmo usando cultivares mais eficientes na fixação (ARAUJO et al., 1996).

Assim, Villas Bôse e colaboradores (2001), relatam que o manejo da fertirrigação muitas vezes seja por desconhecimento do produtor, ou por falta de assistência técnica, em muitos casos não é realizado de forma adequada, promovendo redução da qualidade do produto por efeito de desequilíbrio nutricional e da produtividade, ampliam a perda de água e fertilizantes, o que acarreta um aumento do custo de produção, causando na maioria dos casos a salinização dos solos por aplicação excessiva de fertilizantes e ainda, por meio de lixiviação, podendo contaminar lençóis freáticos, e promover grande impacto ambiental.

Contudo, Alvarenga (1999), reforça que, a prática da fertirrigação, quando manejada de forma correta, é muito mais eficiente no fornecimento de nutrientes para as plantas, com uma série de vantagens em relação à adubação convencional. Utilizam os mesmos equipamentos de irrigação, essa técnica possibilita fracionar a aplicação de nutrientes de acordo com a marcha de absorção da cultura, e também grande minimização da perda de nutrientes por lixiviação.

Montag e Shnek (1998) observa que a adubação via fertirrigação pode ser mais eficiente do que a adubação convencional, esperando-se que no momento da aplicação uma redução nas doses dos adubos aplicados via água de irrigação,

porém considerando maiores produtividades na fertirrigação, recomenda-se que se façam acréscimos nas doses dos adubos nitrogenados e dos potássicos, assim essa recomendação não deve ser generalizada.

Já a adubação foliar baseia-se na afirmação de que as folhas vegetais possuem a capacidade de absorver água e minerais, possibilitando assim corrigir a deficiência de micronutrientes mediante a pulverização, preconizando que a adubação foliar deve ser utilizada para complementar a adubação via solo, (SCHREINER, 2010).

Borowski e Michalek, (2010) afirmam que como forma de complementação a adubação realizada via solo, convencionalmente a adubação foliar se objetiva à correção de deficiências de macro e micronutrientes, sendo uma ótima alternativa por fazer uso de pequenas doses e por reduzir perdas comuns como lixiviação e imobilização na adubação via solo.

Para Malavolta, (1980), inúmeros fatores contribuem para o interesse e uso da prática da adubação foliar, dentre eles o surgimento de deficiências minerais as quais são corrigidas eficientemente através de aplicações foliares, em que os resultados são mais rápidos e onde as aplicações dos nutrientes no solo nem sempre são satisfatórios e imediatos, o cultivo continuado em áreas, que se tornam rotineiros e frequentes, sendo que as dificuldades representadas pela fixação ou pela lavagem dos nutrientes no solo podem ser dessa forma minimizadas por meio da adubação foliar.

Contudo recomendações de adubação foliar com macro e micronutrientes para diferentes culturas necessitam de embasamento experimental, que estatisticamente proporcione altas probabilidades de sucesso ao utilizar tais técnicas. Para a cultura do feijão, por exemplo, são oferecidos no mercado produtos nutricionais, sugerindo que podem teoricamente aumentar a produtividade (CONTE E CASTRO; BOARETTO, 2002).

Os sistemas agrícolas dependem de insumos nitrogenados, inorgânicos ou orgânicos, para sustentar a produtividade das culturas, (BERNARDES et al., 2014.) Assim o N é um elemento altamente móvel e dinâmico, o que faz do seu uso e gestão eficiente uma tarefa desafiadora, já que podem ocorrer significativas perdas deste nutriente por vários processos como volatilização, lixiviação e desnitrificação no sistema solo-planta (SORATTO et al., 2005).

Na fertigação do feijoeiro a adubação com N é a que tem promovido maior número de dúvidas, os questionamentos vão desde o aspecto econômico, relacionado também a prática da adubação, quanto a métodos de aplicação, doses, fontes de N e época mais adequada de aplicação durante o ciclo da cultura e a necessidade de seu parcelamento, bem como reações e mecanismos controladores da disponibilidade do N no solo, características e reações no solo das diferentes fontes de nitrogênio (BARBOSA FILHO et al 2001). Para os mesmos autores estas técnicas de manejo de adubação, ainda são a melhor estratégia utilizada para maximizar a eficiência de uso do nitrogênio e permitir aos produtores obterem máximo retorno econômico do uso de fertilizantes.

O N é o nutriente mais extraído e exportado pela cultura do feijão (PEREZ et al., 2013), sendo que em quantidade superior a 100 kg ha⁻¹ de N é requerida para garantir a extração do nutriente associada a altas produtividades no feijoeiro, porém

não é o mais limitante (OLIVEIRA et al., 1996). Considerado um elemento de alta mobilidade no solo como já foi citado, e com função estrutural nas plantas, participa da estrutura de ácidos nucleicos, aminoácidos, flavonoides e da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009), sendo absorvido na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (MARSCHNER, 1995), sendo sua deficiência na planta a mais frequente (OLIVEIRA et al., 1996), o que promove o bloqueio da síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando diminuição do seu tamanho e conseqüentemente redução da produção econômica das sementes (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Portes (1996) explica que o nitrogênio tem enorme relevância, prioritariamente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, como a demanda por N é alta, isso é justificado devido ao fato de haver vagens e grãos crescendo praticamente ao mesmo tempo.

O aproveitamento do N utilizado nas formulações dos adubos é normalmente inferior a 50%, podendo até em casos de solos arenosos, devido a inúmeras perdas por lixiviação ou desnitrificação (GAMBOA, et al., 1971; OSINAME et al., 1983), atingir entre 5 a 10 % (DUQUE et al., 1985). Dessa forma a aplicação convencional de N mineral nos solos tropicais pode resultar em algumas vezes, em baixa frequência de resposta pela cultura do feijão (FRANCO, 1977; VIEIRA, 1998).

Encontraram-se respostas no feijoeiro quando se aplica nitrogênio, de forma geral no Brasil, com respostas variando de local para local em função das condições fitossanitárias e edafoclimáticas e de região para região na cultura (ROSOLEM, 1987). No Estado de São Paulo, observam-se duas classes de probabilidade de efeito ao nitrogênio: a baixa que envolveria cultivo após leguminosas, solos em pousio por pelo menos dois anos e solos que recebem adubação orgânica freqüente e a alta resposta que envolveria culturas irrigadas, solos arenosos, cultivos após gramíneas, solos compactados (AMBROSSANO et al., 1995).

A aplicação de N fertilizante através da uréia na superfície do solo, seguida de irrigação é uma das opções mais baratas de adubação de cobertura do feijoeiro irrigado. (BARBOSA FILHO; SILVA, 2001). Contudo recomenda-se aplicar de 120 a 150 kg de N, sendo aplicado à metade aos 15 e o restante aos 30 dias após emergência, em aplicação superficial no solo seguida de irrigação ou via água de irrigação, utilizando como fonte de N a uréia fertilizante (JÚNIOR, 2012).

Bassan e colaboradores (2001) trabalhando com a cultivar de feijão Pérola “no inverno”, observaram valores aumentados de germinação (mais de 90%) com a aplicação de nitrogênio até a dose de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, na ausência de adubação foliar com molibdênio, citando também que na dose de 58 kg ha⁻¹ de N possibilitou o máximo valor de germinação para o teste de envelhecimento acelerado (81%) no tratamento referente à aplicação de adubação nitrogenada de cobertura sem a inoculação.

Para Carvalho et al. (2001) não foram observados efeitos positivos de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio sobre a germinação e vigor (envelhecimento acelerado), para a cultivar IAC Carioca, “no inverno”.

Já em relação à qualidade fisiológica de sementes, Carvalho e colaboradores (1999) observaram influência positiva de fontes e formas de aplicação. Porém, Paulino et al. (1998) não encontraram diferenças significativas entre as fontes e formas de aplicação de N na qualidade fisiológica das sementes.

Para adubações foliares com N no feijoeiro existem informações e conclusões em vários sentidos. Em trabalho realizado por Conte e Castro e Boaretto (2002), conclui-se que a utilização das adubações foliares, durante o estágio de desenvolvimento do feijoeiro, não influenciaram a qualidade e a produtividade da cultura, e de forma generalizada indicando ser injustificada a sua recomendação. Os mesmos autores relatam que absorção do N do fertilizante aplicado no solo, obteve eficiência de utilização maior pelo sistema radicular do que pelas folhas.

Já Boaretto e Rosolem (1987) recomendam que na cultura do feijoeiro, a adubação foliar se encaixa como complemento à adubação tradicional, principalmente de N, com o intuito de minimizar o efeito das perdas do nutriente no solo. A eficiência do fornecimento de nutrientes via foliar é geralmente maior que o fornecimento via solo, promovendo uma economia de fertilizantes (Rosolem, 1987). Corroborando também com essas informações Rosolem (2002) cita que desde que realizada adequadamente, a eficiência do fornecimento de nutrientes via foliar é geralmente maior que o fornecimento via solo, acarretando economia de fertilizantes. Entretanto, de acordo com Rosolem (1996), raramente conseguirá nutrir a planta adequadamente somente por via foliar, pois necessita-se de grandes quantidades de nutrientes, o que pode causar problemas relacionados a fitotoxicidade. Rosolem e Boaretto (1989), corroborando também com as afirmações acima relacionadas com aplicação de quantidades consideráveis de nitrogênio via foliar pode-se muitas vezes esbarrar no questão de ocorrência de fitotoxidez, que poderá ser minimizado com a escolha da fonte do nutriente, do bico e do volume de calda, assim como o horário de aplicação. Estudos envolvendo doses e épocas de aplicação de N via foliar, são extremamente relevantes, pois essa prática pode ocasionar problemas ao desenvolvimento da planta em caso de fitotoxicidade causada pelo fertilizante nitrogenado (ALMEIDA et al. 2000). Desta forma, de acordo com Bulisani e colaboradores (1973), justifica-se a continuidade dos trabalhos sobre a adubação foliar, pelo promissor aumento alcançado na produtividade (26% em relação à testemunha), pela associação de pulverizações com fertilizantes e defensivos minimizando custos. Em trabalho realizado por Almeida e colaboradores (2000) na cultura do feijão concluíram-se que a combinação de N no solo e foliar, não se mostrou efetiva, onde o fornecimento de nitrogênio via solo, provocou um pequeno aumento na produtividade do feijoeiro de inverno, que a adubação nitrogenada via foliar em diferentes concentrações e horários de aplicação, não afetou as características agrônômicas e a produtividade do feijoeiro, além de ser importante a época de aplicação e a concentração da uréia via foliar, tendo em vista que pode ocasionar fitotoxicidade.

Já em trabalho realizado por Cruciani (1998) observa-se que a adubação nitrogenada em cobertura aumentou significativamente, a nível de 5% de probabilidade, a produção de grãos e a absorção de N pela planta. Porém os tratamentos de fertirrigação (aspersão convencional) e adubação nitrogenada convencional, não mostraram diferença significativa, para a produção de grãos e nem a absorção de N.

Barbosa Filho e Silva (2001) testando adubação de cobertura no feijoeiro em plantio direto constatou que não existe diferença em se fazer adubação nitrogenada de cobertura com uréia fertilizante ou com sulfato de amônio e nem diferença entre

as formas de aplicação: nitrogênio incorporado ou aplicado a lanço, sendo que a aplicação da uréia fertilizante na superfície do solo seguida de irrigação é a opção mais econômica de adubação de cobertura do feijoeiro irrigado.

Pesquisa realizada por Silveira et al. (2003) trabalhando com adubação nitrogenada na cultura do feijão, obtiveram resposta à adubação nitrogenada em cobertura. Silva, (1998) relata que entre as técnicas de manejo necessárias para atingir produtividades médias com rendimentos de grãos da ordem de 2500 kg ha⁻¹ em cultivos irrigados do sudeste e centro-oeste está a adubação nitrogenada. Assim Silveira e colaboradores (2003) relata que embora o feijoeiro mantém parte da sua demanda de N pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium* a quantidade fornecida por esse processo normalmente é insuficiente, necessitando ser completada, o que via de regra é feito por meio da adubação mineral. Para o mesmo autor deve-se pelo fato dos agricultores não disporem de resultados da análise de planta ou outro método de orientação a adubação nitrogenada mineral é quantificada pela análise visual da lavoura ou baseada numa recomendação tradicional. Se a adubação nitrogenada for subestimada, ocorre redução no rendimento de grãos e se superestimada, ocorre aumento dos custos, pelo uso desnecessário de adubo e, conseqüentemente, prejuízos ao meio ambiente pela lixiviação do íon nitrato (SILVEIRA et al. 2003).

Calheiros et al. (1996), visando relacionar estratégias ótimas de irrigação para a cultura de feijão em relação à renda líquida do produto, ressalva que nas condições em que a água é limitante, a irrigação com déficit pode ser uma excelente estratégia no planejamento da irrigação do feijoeiro e concluem que na dose de 90 kg/ha de N proporciona maiores rendas líquidas do feijão.

Carvalho et al. (1992) recomendam também a dose de 90 kg/ha de N, metade aplicada na pré-floração e o restante na floração plena. Silveira e Damasceno (1993) indicam que a produtividade máxima do feijão é obtida com uma dose de 72 kg/ha⁻¹ de N. Se observadas as diferenças de produtividade obtidas nos diferentes trabalhos de pesquisa, verificamos uma semelhança na magnitude da dose de N, que resultou em altas produtividades do feijão, o que permite inferir que não é necessário doses excessivas de N mesmo para obtenção de produtividades superiores a 4500 kg/ha⁻¹ de grãos (GUERRA et al., 2000).

Outros trabalhos também como, por exemplo, o realizado por Chidi et al. (2002), concluem que em área considerada de baixa resposta a aplicação de N, a pulverização via foliar ou no solo de nitrogênio não afetou a produtividade do feijoeiro. Em área com incorporação de material vegetal de alta relação C/N, a aplicação de nitrogênio via foliar aumentou a produtividade, e a aplicação no solo proporcionou aumento no teor de N, massa de 100 sementes e na produtividade do feijoeiro irrigado.

Soratto e colaboradores (2011) observaram que, principalmente quando não se realizou a adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar foi satisfatória em aumentar a massa dos grãos. No entanto, para os mesmos autores os incrementos foram maiores quando se realizaram duas pulverizações: uma em pré-floração (R₃) e outra no início da formação de vagens (R₁). Assim para Soratto et al (2011) nessas fases a aplicação de N em cobertura promoveu incremento na produtividade em torno de 35 a 49 % em relação ao tratamento testemunha, sendo

que, não foram observadas diferenças de produtividade entre a aplicação de 45 ou 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, independentemente da aplicação de N via foliar. Nos tratamentos que receberam aplicação de N via foliar em R₅ ou em R₅ + R₇, a aplicação desse elemento em cobertura não teve efeito na produtividade de grãos, sendo que a aplicação de N via foliar no estágio R₅ foi mais eficiente em aumentar a produtividade de grãos do feijoeiro que a aplicação em R₇ (SORATTO et al 2011).

Contudo a adubação foliar é caracterizada como sendo de fácil aplicação e apresenta custos relativamente baixos, além de ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados por muitos produtores (SORATTO et al 2011). A ureia é uma boa fonte de N para pulverização foliar, pois apresenta elevado teor do nutriente, além de que as plantas toleram soluções mais concentradas de ureia que de outras fontes nitrogenadas (BOARETTO et al., 1985; ROSOLEM et al., 1990).

Oliveira et al. (2004), trabalhando com quatro níveis de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N) e três níveis de água disponível no solo (20, 50 e 80%) no feijoeiro, observaram que o N afetou de forma significativa o número de vagens, número de grãos e peso dos grãos, sendo os valores máximos encontrados foram respectivamente nas dosagens de 42, 48 e 45 kg ha⁻¹ de N. Para matéria seca e área foliar verificou-se que o nitrogênio e a água disponível no solo afetaram de forma significativa também, houve efeito dos tratamentos de umidade disponível no solo sobre os resultados das variáveis analisadas. Não houve interação do nitrogênio e água disponível no solo para nenhuma das variáveis avaliadas, exceto para área foliar, (OLIVEIRA et al. 2004).

Resumidamente sabe-se que o nitrogênio é absorvido pelas raízes e folhas da planta. Contudo, ainda existem dúvidas sobre a eficiência da aplicação via foliar de N no feijoeiro e sobre a influência dessa prática na qualidade dos grãos (SORATTO et al. 2011), que para os mesmos autores a adequada disponibilidade de N durante o ciclo do feijoeiro é indispensável para garantir elevada produtividade bem com qualidade dos grãos produzidos.

Nos solos tropicais no Brasil, o nutriente que mais limita a produção de feijão é o P, sendo ainda que grande parte desse elemento que é essencial nas adubações é fixada tornando-se indisponível para as plantas. A adubação via foliar, constitui-se numa importante alternativa para a redução das perdas do fósforo por fixação, por utilizar-se de quantidades bem inferiores às aplicadas nesses solos (PELÁ et al. 2009).

Na cultura do feijoeiro, o P tem sido indicado como um dos nutrientes chaves para o seu crescimento e desenvolvimento, seguido de N e K (FAGERIA et al., 1996). Fageria e Santos (1998) relatam que o acúmulo de fósforo cresce linearmente com a idade da planta, obtendo-se valor mais alto no estágio de maturação fisiológica.

Fageria et al., (2004) relatam que é um dos elementos que mais contribui para o aumento da produtividade de grãos do feijoeiro, melhorando o desenvolvimento radicular, auxiliando no processo de maturação e qualidade dos grãos, aumentando o número de vagens e a massa dos mesmos, sendo que esse favorecendo nos componentes da produção, como o número de vagens por unidade de área é o que mais contribui para o aumento da produtividade do feijão.

Yamada e Abdalla, (2004) corroboram que o fósforo tem participação em vários processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas, porém, sua influência na cultura do feijoeiro está no aumento da produção de matéria seca da parte aérea, aumentando também o número de vagens e a massa de grãos, que são os mais relevantes fatores no aumento da produtividade.

Apesar da necessidade de P requerida ser menor que as quantidades de potássio (K) e de nitrogênio (N) sua aplicação nas culturas ocorrem em doses iguais ou superiores à esses dois elementos (VIEIRA, 2006a). De acordo com o mesmo autor isso se deve à elevada taxa de fixação do P em solos tropicais, fazendo com que a maior parte não possa ser utilizada pelas plantas (VIEIRA, 2006a). Moreira e colaboradores (2006) encontraram correlações positivas entre a capacidade máxima de adsorção de fósforo e teores de ferro total, óxidos de ferro livres e amorfos, constituindo-se nos principais fatores responsáveis pela adsorção do elemento nos solos estudados, e que estão presentes na maioria dos solos do Brasil utilizados na agricultura. Devido a essas questões o aproveitamento pela cultura adubada é muito baixo, variando de 5% a 25% (VIEIRA, 2006b), fazendo com que seja um dos investimentos mais altos para a prática da agricultura comercial nesses solos (SOUSA et al., 2004).

PELÁ e colaboradores (2009) trabalhando com aplicações foliares semanais de fontes de fósforo no feijoeiro, a base de fosfito de potássio; ácido fosfórico; fosfato monoamônico e fosfato de potássio em comparação com a adubação via solo, mostrou-se que não houve diferença entre as fontes de P aplicadas via foliar em comparação a adubação via solo, que proporcionou a maior produtividade de grãos.

Como já visto, dentre os fatores que contribuem no rendimento da espécie (*Phaseolus vulgaris* L.) destacam-se a irrigação e a fertilização. Poucos foram os trabalhos de pesquisa que quantificaram a necessidade hídrica adequada para a cultura do feijão, sabendo-se porém, ser a água um fator de extrema relevância na fenologia do feijoeiro e oscilatória ao longo do seu desenvolvimento vegetativo, atingindo um máximo na fase de floração ao enchimento dos grãos (DOREMBOS; KASSAN, 1979). Para Souza e colaboradores (2003), a fertilização também de igual ou maior relevância para a produção agrícola, constitui outro fator amplamente estudado sobre seus efeitos em muitas culturas considerando doses e parcelamento dos adubos nitrogenados e potássicos, pela importância das doses no desenvolvimento vegetativo das plantas e o segundo, influenciando diretamente nas qualidades comerciais dos produtos.

Trani e Passos (1998) recomendam para a cultura do feijão aplicar de 75 a 150 kg de K_2O ha^{-1} aos dez dias antes da semeadura e na adubação de cobertura recomendam acrescentar 60 kg de K_2O ha^{-1} parcelados aos 30 e 60 dias após a emergência das plântulas.

Souza et al. (2003) trabalhando com fertirrigação de nitrogênio e potássio no feijoeiro avaliou os efeitos da redução de 25% e 50% e a ampliação em 25% nas doses de nitrogênio e de potássio com relação aos aspectos vegetativos e produtivos bem como a quantificação da relação custo/benefício com a redução ou com a ampliação nas doses dos adubos. Os autores observaram que a redução ou a ampliação nas

doses de N e K não influenciaram os dados da altura média das plantas; o perímetro do pseudocaule e número de folhas/planta e área foliar. Houve diferença significativa nos dados do comprimento e diâmetro médio dos frutos quando a dose de potássio foi reduzida em 25% e as de nitrogênio de 25%, respectivamente, (SOUZA et al. 2003). A redução nas doses de nitrogênio e de potássio em até 50% não influenciou os níveis de N, P e K e da relação N/K nas folhas, número de frutos/cacho e número de frutos/penca, peso do cacho, peso total das pencas, peso médio das pencas, peso médio dos frutos, peso do fruto médio e na produtividade dos frutos comercial e total, sendo que a recomendação da necessidade de aumento nas doses de N e K quando aplicadas através da fertirrigação não deve ser generalizada.

O nitrogênio com já relatado é fator determinante na produtividade do feijoeiro e as respostas à utilização desse nutriente têm sido positivas e de forma geral, generalizada no país. Para Nascimento et al. (2009), muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de reduzir o uso de nitrogênio na cultura. Para os mesmos autores, um dos focos de estudo nas pesquisas é a associação da adubação nitrogenada à aplicação de micronutrientes, em especial, de molibdênio, por atuar no metabolismo do nitrogênio. O molibdênio tem despertado grande interesse principalmente em função dos resultados que vêm sendo obtidos com a adubação molíbdica foliar (NASCIMENTO et al. 2009).

Amane et al. (1996), trabalhando com doses de Mo e N para o feijoeiro, concluíram que a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N no sulco de semeadura aumentou a produtividade em 97%, enquanto que a aplicação em conjunto com Mo o aumento foi de 107%. A maior produtividade (2199 kg ha⁻¹) foi obtida com o uso de 90 kg ha⁻¹ de N e 70 g ha⁻¹ de Mo. A aplicação de doses elevadas de N na ausência de Mo não se traduziu em elevados teores de N total na planta devido provavelmente ao acúmulo de nitrato ocorrido em razão da falta de síntese da redutase do nitrato na ausência de Mo (NASCIMENTO et al. 2009).

Araújo et al. (2002), quando avaliaram em experimento de adubação do feijoeiro combinações de doses de nitrogênio e molibdênio, constataram que na ausência da aplicação de N em cobertura, a dose de 84 g ha⁻¹ de Mo proporcionou produtividade estimada de 1566 kg ha⁻¹ e, com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura, foram necessários 92 g ha⁻¹ de Mo para obtenção da produtividade de 1725 kg ha⁻¹.

Assim em trabalho realizado por Nascimento et al. (2009), e por Araújo et al. (2002), confirmam a informação de Vieira et al. (1992) relatando que a aplicação de pequena quantidade de molibdênio via foliar, pode substituir ou complementar a adubação nitrogenada, a qual é mais trabalhosa e onerosa, na cultura do feijão.

Dessa forma, a maioria dos trabalhos que retratam aplicação de nutrientes e micronutrientes revelam que o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelo feijoeiro e, mesmo quando suprida adequadamente a necessidade desse nutriente, a planta de feijão pode ter sua produtividade limitada pela deficiência de molibdênio, pela participação deste no metabolismo do nitrogênio (BISCARO, et al. 2011).

O feijoeiro, por se tratar de uma leguminosa que apresenta elevados teores de proteínas, exige quantidades elevadas de enxofre (S) para seu desenvolvimento, pois o

nutriente, além de estar envolvido em processos enzimáticos e reações de oxiredução, é constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, que constituem cerca de 90% do total de S na planta (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997).

A adubação foliar pode melhorar a produtividade da cultura do feijão, em virtude da capacidade de absorção que as folhas apresentam, em particular, para os micronutrientes, que são requeridos em baixas quantidades (JUNQUEIRA NETO et al., 2001).

Para Camargo (1990), os benefícios dos nutrientes, entre os quais o cálcio e o boro, são os mesmos, independentemente de o fornecimento ser realizado pela raiz ou pela folha.

O cálcio tem participação na divisão e na alongação celular, com função cimentante, ligando uma célula à outra, na forma de pectato de cálcio; melhora a qualidade dos frutos e o pegamento das floradas, atuando na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico; atrasa o amadurecimento dos frutos, a senescência e abscisão, entre outras funções (MALAVOLTA et al., 1997).

O boro atua na divisão, na diferenciação celular, no metabolismo e no transporte de carboidratos; participa também da síntese de compostos da parede celular, do processo reprodutivo, afetando a polinização, do crescimento do tubo polínico e da produção de frutos e sementes (COETZER et al., 1990).

Assim Marschner (1995) relatou que a falta de cálcio e boro pode interferir na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, tendo como conseqüência a redução do número de sementes por vagem.

Segundo Oliveira et al. (1996), a aplicação de 3,0 L ha⁻¹ de solução boro+cálcio (1% de B e 10% de Ca), entre 30 a 40 dias após a germinação do feijoeiro, tem como objetivo aumentar a fertilidade das flores. No entanto, apesar da importância dos referidos nutrientes, a aplicação de cálcio e boro por via foliar apresenta resultados discordantes (ROSOLEM, 1996). Weaver et al. (1985) observaram que aplicações com nitrato de cálcio e ácido bórico, em feijoeiro, no período de abertura das primeiras flores, promoveram maior retenção de vagens e, conseqüentemente, aumento na produtividade. Respostas positivas na produtividade também foram observadas por Fornasieri Filho et al. (1988), com o uso de fertilizante foliar composto por uma mistura comercial de molibdênio, cobalto, ferro, enxofre e cálcio. COETZER et al. (1990), trabalhando com doses de 0; 0,1; 0,5; 1,0 e 2,0 mg dm⁻³ de boro na forma de ácido bórico, em meio líquido, encontraram aumento do comprimento e do número de vagens por planta com o acréscimo das doses.

Por outro lado, ROSOLEM et al. (1990) verificaram que mais de 50% do cálcio aplicado nas folhas do feijoeiro, utilizando como fonte o cloreto de cálcio, foram absorvidos até duas horas após a aplicação, porém sem acréscimo de produtividade, componentes de produção, e nem modificação do teor foliar das plantas. Em trabalho realizado por BOARETTO et al. (1988), não foi constatada influência da adubação foliar com cálcio quelatizado e/ou adubo misto na produtividade da cultura do feijão. LIMA et al. (1999), da mesma forma, avaliando o efeito da adubação foliar com boro nas doses de 0, 20 e 40 g ha⁻¹, 30 dias após a emergência do cultivar Carioca, nas épocas “de inverno” e “das águas”, verificaram que as aplicações de B e Zn não afetaram os componentes da produção.

Como já citado, o feijoeiro considerada uma cultura de ciclo curto, necessita que os nutrientes estejam prontamente disponíveis nos estádios de maior demanda, para que não haja limitação da produtividade (SILVA; SILVEIRA, 2000). A exigência nutricional da cultura é mais intensa com o início da fase reprodutiva, e é mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são para elas translocadas (OLIVEIRA et al., 1996). Assim Carvalho e Nakagawa, (2000) citam que essa grande exigência se dá principalmente ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva. Contudo, a adubação foliar pode ser uma alternativa interessante para o fornecimento de manganês para as culturas no início da fase reprodutiva (Oliveira Júnior et al., 2000; Teixeira et al., 2004b) e pode ser mais eficiente que a aplicação via solo (LOPES; SOUZA, 2001; MANN et al., 2001, 2002).

Em trabalho realizado por Fernandes e colaboradores (2007), a aplicação de manganês via foliar nos estádios de pré-florescimento (R5) e florescimento (R6) promoveram um aumento no número de vagens por planta, na massa de 100 sementes e na produtividade de grãos do feijoeiro irrigado, mesmo em solo com elevado teor desse elemento cultivado com alto nível de tecnologia. Para Borkert et al., (2001); Fageria, (2001), tais resultados podem ser explicados pelo fato de que a disponibilidade de Mn às plantas é dependente de diversos fatores, como: pH, potencial de oxi-redução, matéria orgânica e equilíbrio com outros cátions, principalmente o ferro, cálcio e magnésio. Assim, altas doses de calcário ou potássio podem limitar o desenvolvimento da planta, por provocar deficiência de Mn (ROSOLEM; NAKAGAWA, 1990), o que pode ter ocorrido neste trabalho, já que o teor de Ca no solo encontrava-se em uma faixa considerada alta (RAIJ et al., 1996).

O Mn tem papel relevante no metabolismo das plantas, pois atua em processos de ativação de diferentes enzimas, síntese de clorofila e fotossíntese (FAGERIA, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004). Esse nutriente desempenha papel fundamental na alongação celular e sua deficiência pode inibir a síntese de lipídios ou metabólitos secundários, como o ácido giberélico e os isoprenóides (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, o Mn está relacionado à formação da lignina (MARSCHNER, 1995), presente na parede celular, à qual confere menor permeabilidade, exercendo assim, efeito significativo sobre a capacidade e a velocidade de absorção de água através do tegumento das sementes.

Outro micronutriente de importância e com evidências comprovadas é o molibdênio que gera incrementos na produtividade e na nodulação do feijão e de outras culturas, considerado elemento essencial para as plantas, por ser componente das enzimas nitrato redutase e nitrogenase (ROCHA et al., 2011, ROSSI et al., 2012, LOPES et al., 2014).

Assim ao contrário da soja, no feijão, a FBN, isoladamente, não é capaz de suprir a necessidade de N da cultura (MATOSO; KUSDRA, 2014). Nesse caso, a inoculação das sementes com a utilização dos produtos em associação (pó de rocha, molibdênio e extrato de alga) pode propiciar efeito benéfico para a cultura, uma vez que reduz a quantidade de ureia aplicada ao cultivo e aumenta a produtividade, em relação ao uso da inoculação isoladamente.

Entre outras aplicações via foliares, estão os extratos de algas marinhas, como a *Ascophyllum nodosum*, possuem diferentes reguladores de crescimento (citocininas, auxinas, giberelinas e betaínas), macronutrientes (Ca, K e P) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn, B, Mn, Co e Mo) que podem beneficiar as plantas, além de serem inócuos (DURAND et al., 2003, KHAN et al., 2009).

Dessa forma em trabalho realizado por Bertoldo et al., (2015), conclui que uso de extrato de alga, molibdênio e pó de rocha, associados à inoculação, propicia maior eficiência nos caracteres emergência e nodulação, quando comparados ao método convencional de cultivo de feijão.

Assim também existem outros produtos utilizados na fertirrigação e na adubação foliar, que se enquadram no sistema orgânico de produção e são de extrema importância, pois além de disponibilizarem os nutrientes para as plantas, melhoram a resistência biológica da mesma, em função de uma nutrição equilibrada seguindo o Princípio da trofobiose (CHABOUSSOU, 1987).

A cultura do feijão manejada em sistema de produção orgânico, assim como em outras culturas, conduzidas no mesmo sistema de produção, são utilizados em cobertura diversos adubos foliares, tais como: pó de rocha, urina animal, soro do leite, esterco e restos vegetais e chorume vegetal produzidos a partir de fontes orgânicas, e também outros produtos como Super Magro, MB-4, Aminon, etc. (PLUCINSKI FILHO et al., 2009). Contudo, de acordo com os mesmos autores, os resultados de pesquisa que validem a utilização dos trabalhos, ainda são escassos.

A aplicação dos produtos orgânicos como, por exemplo, o Super Magro na dosagem de 1L/ha⁻¹ e 2L/ha⁻¹, Uréia e Aminon 25®, no trabalho realizado por Plucinski Filho et al. (2009) não apresentam aumentos significativos na produção quando comparados com o tratamento testemunha.

Referências

- ALMEIDA, C. et al. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Sci. agric.** Piracicaba, v. 57, n. 2, Apr./Jun. 2000.
- ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alfaca-americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar.** 87 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- AMANE, M. I. V. et al. Resposta da cultura do feijão a doses de nitrogênio e de molibdênio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 1996. p. 91-96.
- AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: 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. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. Cap.19, p.187-199.
- ANDREOTTI, M. et al. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na "safra das águas". **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, Oct./Dec., 2005.

- ARAUJO, R. S. et al. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: **Potafós**, 1996.
- ARAUJO, P. R. de A. et al. Combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na adubação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa: UFV, p. 785-788, 2002.
- BARBOSA FILHO, M. P. et al. Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 507-514, 2005.
- _____. Aplicação de Nitrogênio em Cobertura no Feijoeiro Irrigado. **Circular Técnica 49**. Santo Antônio de Goiás, GO.; EMBRAPA, 2001. 8 p.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. **Informações Agronômicas**, Potafós, n. 93, 2001.
- BASSAN, D. A. Z. et al. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.
- BERNARDES, T. G. et al. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 458-468, mar./abr. 2014.
- BERTOLDO et al. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-uréia. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, jul./set. 2015.
- BINOTTI, F. F. S. et al. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.
- BISCARO, G. A. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 4, p. 665-670, 2011.
- BOARETTO, A. D. et al. Adubação do feijoeiro: fontes de nitrogênio, concentração da solução e horários de aplicação. **R. Agric.**, n. 60, p. 117-123, 1985.
- BOARETTO, A. E. et al. Adubação foliar com EDTA-cálcio e/ou fertilizante misto em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Científica**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 173-178, 1988.
- BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A. Adubação foliar: conceituação e prática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2, 1987, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Fundação de Estudos Agrícolas e Florestais, 1987. 161p.
- BORKERT, C. M. et al. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, p.151-185. 2001.
- BOROWSKI, E.; MICHALEK, S. The effect of foliar nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) with magnesium salts and urea on gas exchange, leaf yield and quality. **Acta Agrobotânica**, v. 63, p. 77-85, 2010.
- BULISANI, E. A. et al. **Observações preliminares sobre a adubação foliar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** – I. *Bragantia*, Campinas, v. 32, p. XIII-XVII, 1973.
- CALHEIROS, C. B. M. et al. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: água como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 509-515, jul.1996.

- CAMARGO, P. N. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Herba, 1990. 256 p.
- CARVALHO, A. M. et al. Influência da fertirrigação no rendimento de grãos e componentes de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 503-511, 1992.
- CARVALHO, G. J. et al. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 765-771, 2006.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.
- CARVALHO, M. A. C. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio na qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) “de inverno”. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 9, n. 1/2, p.118, 1999.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: a teoria trofobiose. 2. ed. Porto Alegre: L & PM, 1987. 256 p.
- CHIDI, et al. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum Maringá**, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 set. 2016.
- COETZER, L. A. et al. The effect of boron on reproduction in tomato (*Lycopersicum esculentum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). **Plant Grand**, Tydeskr, v. 7, n. 4, p. 212217, 1990.
- CONTE e CASTRO, A. M., BOARETTO, A. E. Adubação foliar do feijoeiro com nutrientes, vitamina b1 e metionina. **Nota científica**. 2002. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/agraria/article/viewFile/1008/834>>. Acesso em: 28 set. 2016.
- COSTA, E. F. et al. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 39, p. 63-68, 1986.
- CRUCIANI, D. E. et al. Fertirrigação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por sistema de irrigação por aspersão. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 63-67, 1998.
- DOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. Yield response to water. **Irrigation and Drainage Paper**, Roma: FAO, n. 33, 193p. 1979.
- DUQUE, F. F. et al. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of N₂ fixation using 15N. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 88, p.333-343, 1985.
- DURAND, N. et al. The effect of marine bioactive substances (NPRO) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia Plantarum**, London, v. 119, n. 4, p. 489-493, 2003.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil está entre os países com maior área irrigada do mundo**. 2016. Disponível em: <[349](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12990229/brasil-esta-entre-os-paises-</p></div><div data-bbox=)

- com-maior-area-irrigada-do-mundo>. Acesso em: 16 de Nov. de 2016.
- FAGERIA, N. K. et al. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFÓS, 2004. Cap. 17, p. 435-456.
- _____. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: Embrapa CNPAF, 1996. 40p. (Documentos, 65).
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 2, p.124-127, 1998.
- FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 1269-1290, 2001.
- FRANCO, A. A. Nutricional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VICENT, J.M.K.; WHITNEY, J. (Ed.). **Exploiting the legume-Rhizobium in tropical agriculture**. Hawaii: University of Hawaii, 1977. p. 237-252.
- FORNASIERI FILHO, D. et al. Efeito da inoculação associada à aplicação de micronutrientes e nitrogênio mineral na cultura do feijoeiro cv. Carioca 80. **Científica**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 197-207, 1988.
- GAMBOA, J. et al. Um modelo para describir los procesos de retención y lixiviación en los suelos. **Turrialba**, v. 21, p.312-316, 1971.
- GUERRA, A. F. et al. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1229-1236, jun. 2000.
- JÚNIOR, A. S. A. et al. Doses de potássio via fertirrigação na produção e qualidade de frutos de melancia em Parnaíba-PI. **Irriga**, v. 10, n. 3, ago./out, 2005.
- JÚNIOR, E. B. P. **Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão caupi no município de Sousa–PB**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró-RN, 2012. 69 p.
- JUNQUEIRA NETO, A. et al. Micronutrientes: recomendações práticas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Sistemas de produção de feijão irrigado**. Piracicaba: Esalq-USP, Departamento de Produção Vegetal, 2001. p.35-54.
- KHAN, W. et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009.
- LIMA, S. F. et al. Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 462-467, 1999.
- LOPES, A. S.; SOUZA, E. C. A. de. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 255-282.
- LOPES, A. S. **Manejo do solo e da irrigação na cultura do feijoeiro sob pivô central**. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2006.
- LOPES, J. F. et al. Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. **Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 234-240, 2014.
- MAIA, P.C.S. **Fertirrigação por sistema de irrigação por aspersão convencional na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. 80 p. Piracicaba. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1989.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MANN, E. N. et al. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 264-273, 2001.
- _____. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p.1757-1764, 2002.
- MANTOVANI, E. C. et al. Irrigação – princípios e métodos. Viçosa: UFV, 318p. 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.
- MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 567-573, 2014.
- MENGEL, K.; KIRKBY, A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash institute, 1987. 687 p.
- MONTAG, U. J.; SHNEK, M. **Principles of fertigation and their potential for global application**. 1998. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBENV/fertigb8.htm>> Acesso em: 23 set. 2016.
- MOREIRA, F. L. M. et al. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.
- NASCIMENTO, et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto – características agrônômicas e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 5, p. 351-358, Sept./Oct. 2009.
- OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O., (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, 1996. p.169- 221.
- OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 204-207.
- OLIVEIRA, R. M. B. et al. Fertilização nitrogenada e irrigação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) em casa de vegetação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, 2º Semestre, 2004.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. A. et al. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do Triângulo Mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1629-1636, 2000.
- OSINAME, O. et al. Effect nitrifications inhibitors on the fate and efficiency of nitrogenous fertilizers under simulated humid tropical conditions. **Tropical Agriculture**, v. 60, p. 211-217, 1983.
- PAULINO, H. B. **Parcelamento de duas fontes em coberturas e via fertirrigação e custo de produção na cultura do feijão**. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1998.
- PELÁ, A. et al. Fontes de fósforo para adubação foliar na cultura do feijoeiro.

Scientia Agraria, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 313-318, July/Aug. 2009.

PEREZ, A. A. et al. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 5, p. 1276-1287, 2013.

PLUCINSKI FILHO, L. C. et al. Influência de Diferentes Adubos Foliares na Produtividade do Feijoeiro Desenvolvido Sob uma Perspectiva Agroecológica.

Rev. Bras. de Agroecologia/ v. 4, n. 2, nov. 2009.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.101-137.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. (Boletim técnico, 100). Campinas: Instituto Agrônomo/Fundag, 1996. 285 p.

ROCHA, P. R. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 9-17, 2011.

ROSSI, R. L. et al. Adubação foliar com molibdênio na cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 1, n. 1, p. 12-23, 2012.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p.

_____. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S. et al. (Coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba. Potafós, 1996. p. 353-390.

_____. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2002. 99 p.

ROSOLEM, C. A. et al. Adubação foliar do feijoeiro: VIII. Fontes e doses de cálcio. **Científica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 81-86, 1990.

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A.E. Avaliação do estado nutricional das plantas cultivadas. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. (Ed.). **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.117-144.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte do Informações Agrônomicas**, n. 68, p. 1-16, dez. 1994.

ROSOLEM, C. A.; NAKAGAWA, J. Deficiência de manganês em soja induzida por adubação potássica e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, p. 833-836, 1990.

SCHREINER, R. P. Foliar sprays containing phosphorus (P) have minimal impact on 'Pinot Noir' growth and P status, mycorrhizal colonization, and fruit quality. **Hortscience**, v. 45, p. 815-821, 2010.

SILVA, C. C. da. **Influência de sistemas agrícolas em características do solo e na resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura**. 116 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

SILVA, C. C.; SILVEIRA, P. M. da. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) irrigado à adubação nitrogenada de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, p. 86-96, 2000.

SILVEIRA, P. M. et al. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, set. 2003.

- SORATTO, et al. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. Viçosa, v. 35, n. 6, nov./dez. 2011.
- SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.
- SOUSA, D. M. G. et al. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção de solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. Cap. 6, p.147-167.
- SOUZA, A. S. et al. Efeitos de doses de nitrogênio e potássio aplicadas por fertirrigação nos aspectos vegetativos e produtivos de feijão-vagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa/PB, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p. _____ . 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TEIXEIRA, I. R. et al. Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 26, p. 147-152, 2004a.
- THREADGILL, E. D. et al. Chemigation. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; SOLOMON, K. H., ed. **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, v. 20, p. 749-775, 1990.
- TOMAZ, M. A. **Guia de acompanhamento das aulas da cultura do feijoeiro**. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias Departamento de Produção Vegetal, 2015. 38 p.
- TRANI, P. E., PASSOS, F. A. Rúcula (Pinhão) *Eruca Vesicaria Sativa* (Mill) Thel. In: FAHL, J.L. et al.: **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1998, 396p. (Boletim Técnico 200)
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p.123-152.
- _____. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006a. p. 115-142.
- VIEIRA, C. et al. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 177-184, 1992.
- VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. **Sementes de feijão: produção e tecnologia**, Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 270 p.
- VIEIRA, R. F. Fundamentos da quimigação e fertigação. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006b. p. 213-258.
- VILLAS BOAS, R. L. et al. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap.2, p.71-103.
- WEAVER, M. L. et al. Pod retention and seed yield of beans in response to chemical foliar applications. **HortScience**, Alexandria, v. 20, p. 429-430, 1985.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Nutrição de fósforo na cultura do feijoeiro**. Piracicaba, Potafós, 2004. 726 p.