

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DO
FEIJÃO EM FUNÇÃO DO USO DE FERTILIZANTE NITROGENADO
DE LIBERAÇÃO LENTA VIA FOLIAR**

TAILENE ELISA KOTZ GURGACZ

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Agronomia (Agricultura)

**BOTUCATU-SP
Maio – 2016**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DO
FEIJÃO EM FUNÇÃO DO USO DE FERTILIZANTE NITROGENADO
DE LIBERAÇÃO LENTA VIA FOLIAR**

TAILENE ELISA KOTZ GURGACZ

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
Maio – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO- BOTUCATU (SP)

G979p Gurgacz, Tailene Elisa Kotz, 1986-
Produtividade e qualidade de grãos da cultura do
feijão em função do uso de fertilizante nitrogenado de
liberação lenta via foliar / Tailene Elisa Kotz Gurgacz. -
Botucatu : [s.n.], 2016
viii, 57 f.: ils., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Rogério Peres Soratto
Inclui bibliografia

1. Feijão - Adubação. 2. Ureia como fertilizante. 3.
Adubação foliar. 4. Plantas - Efeito do nitrogênio. I.
Soratto, Rogério Peres. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título

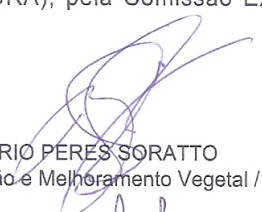
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

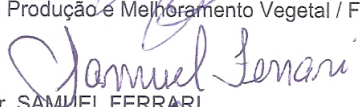
TÍTULO DA TESE: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DA CULTURA DO FEIJÃO EM FUNÇÃO DO USO DE FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERAÇÃO LENTA VIA FOLIAR

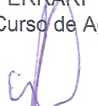
AUTORA: TAILENE ELISA KOTZ GURGACZ

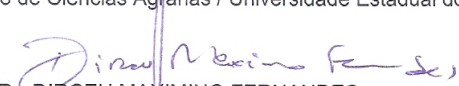
ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

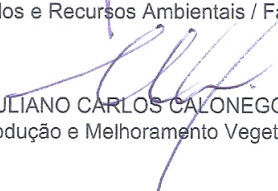
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof. Dr. SAMUEL FERRARI
Coordenadoria de Curso de Agronomia / Unesp - Registro


Prof. Dr. VANDEIR FRANCISCO GUIMARÃES
Centro de Ciências Agrárias / Universidade Estadual do Oeste do Paraná


Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Dep de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Botucatu, 06 de maio de 2016

Aos que trabalham e se dedicam em prol da agricultura do nosso país.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Ao meu marido Flavio Gurgacz, que me deu forças e que está sempre ao meu lado me apoiando em todos os momentos.

Ao meu orientador professor Dr. Rogério Peres Soratto pela compreensão, paciência, incentivo, atenção e ensinamento.

À minha família, em especial a minha mãe, mulher batalhadora e guerreira.

Aos professores Dra. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa e Dr. Vandeir Francisco Guimarães, que possibilitaram a realização do experimento no Paraná.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa.

Aos funcionários de campo, pelo auxílio na implantação, condução e avaliação dos experimentos.

Aos técnicos de laboratório, Dorival Arruda e Valéria Giandoni, pelo auxílio nas análises de laboratório.

Às secretárias e demais funcionários do departamento, pelo auxílio sempre que necessário.

Aos amigos e colegas, pela ajuda nos experimentos e pelos momentos de convívio e descontração.

A todos os professores da pós-graduação, pelos ensinamentos e conhecimento transmitido.

Aos funcionários da biblioteca e da seção de pós-graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5.1 Caracterização da área experimental.....	13
5.2 Delineamento experimental, tratamentos e amostragem	15
5.3 Descrição da ureia-formaldeído (Coron [®])	15
5.4 Caracterização da cultivar de feijão	16
5.5 Instalação e condução dos experimentos.....	16
5.6 Avaliações.....	18
5.7 Análise estatística	21
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6.1 Experimento I – Doses de N via solo e N via foliar.....	22
6.2 Experimento II – Doses e épocas de aplicação de ureia-formaldeído via foliar.....	37
7 CONCLUSÕES	50
8 REFERÊNCIAS.....	51

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos.....	14
Tabela 2. Data de semeadura, emergência e colheita da cultura do feijão.....	17
Tabela 3. População final de plantas da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	23
Tabela 4. Matéria seca da parte aérea da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	24
Tabela 5. Teor de N na parte aérea da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.....	25
Tabela 6. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	27
Tabela 7. Número de vagens por planta da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	28
Tabela 8. Número de grãos por vagem da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	29
Tabela 9. Massa de 100 grãos da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	30
Tabela 10. Produtividade de grãos da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.....	31
Tabela 11. Produção relativa de grãos retidos em peneira (PRGP) da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	33
Tabela 12. Rendimento de peneiras da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.....	34
Tabela 13. Teor de proteína nos grãos da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	35
Tabela 14. Produtividade de proteína da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.	36
Tabela 15. População final de plantas da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	38
Tabela 16. Matéria seca da parte aérea da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	39
Tabela 17. Teor de N na parte aérea da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	40
Tabela 18. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.....	41
Tabela 19. Número de vagens por planta da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP....	42

Tabela 20. Número de grãos por vagem da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	43
Tabela 21. Massa de 100 grãos da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	44
Tabela 22. Produtividade de grãos da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	45
Tabela 23. Produção relativa de grãos retidos em peneira (PRGP) da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	46
Tabela 24. Rendimento de peneiras da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	47
Tabela 25. Teor de proteína nos grãos da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	48
Tabela 26. Produtividade de proteína da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (—) diárias registradas na área experimental, no período de agosto a novembro de 2012 e de fevereiro a maio de 2013.	14

1 RESUMO

O uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada é colocado como eficiente para agricultura, pois fornece nutrientes de forma regular e contínua, de acordo com a necessidade das plantas. Porém, pouco se sabe sobre uso dessas fontes na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de fontes de nitrogênio (N) via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sobre a produtividade e qualidade de grãos da cultura do feijão comum, cultivado na presença e ausência da aplicação de N via solo. Para tanto, foram realizados seis experimentos, sendo, dois em condições de campo (experimentos I e II) e repetidos em três condições (ambiente I, II e III). Os experimentos de campo foram realizados nas safras “das águas” e “da seca” do ano agrícola 2012/13 e instalados em blocos casualizados. O experimento I foi constituído por 20 tratamentos, sendo a combinação de quatro doses de N em cobertura (0, 45, 90 e 180 kg ha⁻¹) e cinco tratamentos com aplicação de N via foliar (1 - testemunha - sem aplicação de N via foliar; 2 - 2,5 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia (UC); 3 - 5,0 kg ha⁻¹ de N-UC; 4 - 2,5 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia-formaldeído (UF - Coron[®]); 5 - 5,0 kg ha⁻¹ de N-UF). Já o experimento II foi constituído por 12 tratamentos, sendo, quatro doses de ureia-formaldeído (0, 1,25, 2,5 e 5 kg ha⁻¹) para fornecimento de N via foliar e três épocas de aplicação [1 - estágio V₄ (três folhas trifolioladas completamente expandidas), 2 - estágio R₅ (pré-floração) e 3 - estágio R₇ (início da formação das vagens)]. A adubação nitrogenada via solo aumentou a matéria seca das plantas, o teor e acúmulo de N na parte aérea, o número de vagens por planta, a produtividade de grãos e o teor e produtividade de proteína na cultura do feijão

comum. Independentemente da adubação nitrogenada via solo, o fornecimento de N via foliar aumentou a produtividade de grãos e proteína, sendo a ureia-formaldeído (Coron[®]) ligeiramente mais eficiente que a ureia comum. A aplicação de ureia-formaldeído aumentou a produção da matéria seca das plantas, o número de vagens por planta e a produtividade de grãos e proteína, independentemente do estágio em que foi realizada a pulverização nas folhas. As maiores produtividades de grãos foram obtidas com a aplicação de doses entre 3,1 e 5,0 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia-formaldeído. O tamanho dos grãos não foi afetado pela aplicação de N via foliar.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., nitrogênio, adubação foliar, ureia-formaldeído, teor de proteína.

GRAIN YIELD AND QUALITY OF COMMON BEAN CROP AS AFFECTED BY USE OF SLOW-RELEASE FOLIAR NITROGEN FERTILIZER. Botucatu, 2016, 57p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: TAIENE ELISA KOTZ GURGACZ

Adviser: ROGÉRIO PERES SORATTO

2 SUMMARY

The use of slow or controlled release fertilizers is considered efficient for agriculture because it provide nutrients on a regular and continuous supply, according to the plant need. However, not exist wide information about the use of these sources in the common bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). Thus, this study aimed to evaluate the effect of the foliar application of nitrogen (N) sources at different plant development stages of the plant on grain yield and quality of common bean crop, grown in the presence and absence of the N application to the soil. For this, seven trials were conducted, i.e., two in field conditions (experiments I and II) and repeated on three growing conditions. The field trials were conducted in "rainy season" and "dry season" of agricultural year 2012/13, performed in randomized complete blocks. The experiment I was composed of 20 treatments, with the combination of four N doses (0, 45, 90, and 180 kg ha⁻¹) and five treatments with foliar N application (1 - control - without application of N by leaf; 2 - 2.5 kg ha⁻¹ N as urea (UC), 3 - 5.0 kg ha⁻¹ N-UC, 4 - 2.5 kg ha⁻¹ N as urea-formaldehyde (UF); 5 - 5.0 kg ha⁻¹ N-UF). The experiment II was composed of 12 treatments, with four doses of urea-formaldehyde (0, 1.25, 2.5, and 5.0 kg ha⁻¹) for foliar N supply and three times of application [1 - V₄ (three fully expanded trifoliate leaves), 2 - R₅ stage (pre-flowering) and 3 - R₇ stage (initial pod development)]. Soil N fertilization increased the plant dry matter, content and accumulation of N in the shoot, the number of pods per plant, grain yield and content and protein yield in common bean crop. Regardless of N fertilizer in the soil, the supply of N foliar increased grain yield and protein, being that urea-formaldehyde (Coron[®]) was slightly more efficient than common urea. The application of urea-formaldehyde increased the production of dry matter yield, number of

Pods per plant and grain yield and protein, regardless of the stage in which it was carried out spraying the leaves. The highest grain yield was obtained with application rates between 3.1 and 5.0 kg ha⁻¹ N as urea-formaldehyde. The grain size was not affected by foliar application of N.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, nitrogen, leaf fertilization, urea-formaldehyde, protein concentration.

3 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus*. Devido sua grande adaptabilidade, o feijoeiro pode ser cultivado em diferentes épocas, praticamente em todas as regiões do país, compondo desde sistemas agrícolas com baixo uso tecnológico, com objetivo principal de subsistência, até sistemas agrícolas intensivos e irrigados, altamente tecnificados.

Para o bom desenvolvimento da cultura e obtenção de alta produtividade de grãos, é necessário que se faça uso de tecnologias apropriadas, destacando-se a suplementação adequada de nitrogênio (N). O N é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro e tem relação direta com o teor de proteínas dos grãos, por fazer parte da composição dos aminoácidos. Contudo, por ser um nutriente que apresenta grande dinâmica no sistema solo-planta, o manejo adequado do N (época de aplicação e a quantidade a ser aplicada), é tido como um dos mais difíceis.

Os fertilizantes nitrogenados apresentam alto custo ao produtor e além disso em função da sua dinâmica, parte do N é perdido para o ambiente sem que seja aproveitado pela planta, acarretando riscos ao meio ambiente. Sendo assim, é necessário que se faça uso de técnicas que permitam o seu máximo aproveitamento, vindo à adubação foliar a ser uma alternativa.

Na adubação foliar, o uso de fontes de liberação lenta ou controlada pode ser opção eficiente, pois fornece nutrientes de forma regular e contínua, de acordo com a necessidade das plantas, além de reduzir as perdas N por lixiviação, porém, pouco se sabe sobre uso dessas fontes na cultura do feijão.

Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de fontes de N via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sobre a produtividade e qualidade de grãos da cultura do feijão comum, cultivado na presença e ausência da aplicação de N via solo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O feijoeiro tem grande importância para a agricultura brasileira. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores do mundo (FAOSTAT, 2016). Na safra 2014/2015 foram cultivados 3,05 milhões de ha, com uma produtividade média de 1.020 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). Além disso, o feijão é uma importante fonte proteica e energética, rica em ferro e carboidratos, sendo componente tradicional da alimentação da população brasileira (BORÉM; CARNEIRO, 2008).

O feijão pode ser cultivado em três épocas diferentes: a safra "das águas", cujo cultivo é feito de agosto a novembro, com predominância na Região Sul; a safra "da seca" cultivada de janeiro a março, abrangendo a maioria dos estados produtores e a safra "de inverno", de abril a julho, com semeadura realizada principalmente nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste (EMBRAPA, 2009). O feijoeiro apresenta ampla adaptação edafoclimática, que permite seu cultivo durante todo o ano em quase todos os estados da federação. É cultivado desde sistemas agrícolas com baixo uso de tecnologia, principalmente de subsistência, até aqueles intensivos e irrigados, altamente tecnificados (AIDAR, 2007).

Segundo Silva e Silveira (2000), para que se consiga maximizar a produtividade da cultura, é importante o adequado manejo da planta e do ambiente, deve-se conhecer suas exigências e as interações que podem ocorrer no sistema e influenciar no seu desenvolvimento. O feijoeiro é uma planta bastante exigente em nutrientes, por apresentar sistema radicular pouco desenvolvido e possuir ciclo curto (65-100 dias)

(SILVA; SILVEIRA, 2000; FAGERIA; SOUZA, 1995), sendo assim, eles devem estar prontamente disponíveis nos momentos de demanda, para não limitar a produtividade.

O N é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, sendo considerado um dos nutrientes mais importantes para essa espécie de planta (SILVA; SILVEIRA, 2000; SORATTO et al., 2013). A sua deficiência é a mais frequente, pois a planta exporta para os grãos 50 a 60% do N total absorvido (OLIVEIRA et al., 1996; SORATTO et al., 2013). Nas fases de florescimento e enchimentos de grãos, como há vagens e grãos crescendo quase ao mesmo tempo, a demanda por N é alta (PORTES, 1996).

O N é necessário para síntese da clorofila e como parte dessa molécula está envolvida na fotossíntese, em sua falta a planta degrada-a, retranslocando o N para regiões de crescimento ativo, onde ele realiza sua função estrutural. Por essa razão, plantas com deficiência de N demonstram os sintomas primeiramente nas folhas mais velhas, as quais tornam-se de coloração verde pálido ou amarela (MENGEL; KIRKBY, 1987). Persistindo a deficiência de N e havendo redução no teor de clorofila, as plantas não irão utilizar a luz do sol como fonte de energia para realizar funções essenciais, como a absorção de outros nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento (TAIZ; ZEIGER, 2004). Por participar da composição dos aminoácidos, o N tem relação direta com o teor de proteína dos grãos (MALAVOLTA et al., 1997), assim, sua deficiência pode afetar a qualidade dos grãos e a produtividade (SORATTO et al., 2011), em função da redução no desenvolvimento de flores, tamanho e produção de sementes (OLIVEIRA et al., 1996).

O N disponibilizado às plantas provém do ar atmosférico, da matéria orgânica do solo e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2005). Nos solos brasileiros, o teor de N disponível é insuficiente para sustentar os altos níveis de produção alcançados pelas lavouras comerciais, podendo comprometer a produção e até mesmo ocorrer a morte precoce das plantas (ALVES, 2002; FERREIRA et al., 2004). Além da elevada demanda da cultura pelo nutriente, o N está sujeito às transformações bioquímicas que ocorrem no solo, que podem alterar significativamente a sua disponibilidade (ACOSTA, 2009).

Por ser um nutriente com grande dinâmica no sistema solo-planta, e que pode ser facilmente perdido por lixiviação, volatilização e desnitrificação, o manejo adequado do N é tido como um dos mais difíceis (SANTOS et al., 2003). Seu uso

frequentemente proporciona aumentos expressivos na produtividade do feijoeiro (ANDREOTTI et al., 2005), porém, é essencial que o N seja colocado à disposição da planta em tempo e locais adequados (CARVALHO et al., 2001), ou seja, no período em que ainda é possível aumentar o número de vagens por planta (ROSOLEM, 1996).

Normalmente, faz-se a aplicação de N no sulco, junto ao fósforo e potássio, por ocasião da semeadura, e parte em cobertura (AMBROSANO et al., 1997; BARBOSA FILHO et al., 2005).

Meira et al. (2005) não verificaram efeito da aplicação de diferentes doses de N (ureia) em cobertura, nos estádios V₄₋₅, R₅ e R₆, sobre os componentes de produção. Os autores obtiveram a máxima produtividade de grãos com a aplicação de 164 kg ha⁻¹ de N em cobertura, independentemente do estágio de desenvolvimento do feijoeiro. Binotti et al. (2009) verificaram que a utilização de sulfato de amônio como fonte de N aumenta a produtividade de grãos, até a dose de 198 kg ha⁻¹ e que o parcelamento da adubação nitrogenada não influencia está variável.

Gomes Júnior et al. (2005) obtiveram maior produtividade de grãos do feijoeiro quando o N em cobertura foi aplicado até o estágio de sete folhas trifolioladas totalmente expandidas (35 dias após a emergência - DAE). Soratto et al. (2005) verificaram que a aplicação de N em cobertura no início da formação das vagens (R₇) aumentou a produtividade de grãos quando da ausência de aplicação de N em estádios anteriores; contudo, a aplicação única de 90 kg ha⁻¹ de N no estágio V₄ (22 DAE) foi mais eficiente em aumentar a produtividade de grãos por unidade de nutriente aplicado.

Barbosa Filho et al. (2005) observaram que a aplicação do N em cobertura em duas (15 e 30 DAE) ou três vezes (15, 30 e 45 DAE), resultou em um rendimento de grãos significativamente maior do que a aplicação apenas uma vez, aos 30 DAE, e que a dose pode variar de 120 a 150 kg ha⁻¹. Ainda segundo os autores, dentre os modos de aplicação, o de cobertura tem sido mais eficiente, pois fornece o nutriente na época de maior exigência da planta.

A aplicação de N mineral nos solos tropicais pode resultar em baixa frequência de resposta pela cultura do feijão (VIEIRA, 1998; PIASKOWSKI et al., 2001). Dessa forma, técnicas de manejo que possibilitem a maximização de absorção de N pelo feijoeiro são de extrema importância, em razão do alto custo dos fertilizantes nitrogenados e das perdas por lixiviação, que podem representar riscos ao ambiente pela contaminação de mananciais de água (SANTOS et al., 2003).

Segundo Fancelli e Tsumanuma (2007), após o florescimento, por razões de relação fonte-dreno, o N fornecido somente é aproveitado se a aplicação for realizada via foliar. Após o início do enchimento dos grãos, por serem drenos mais fracos, o crescimento radicular cessa e a atividade das raízes diminui, o que leva à menor absorção dos nutrientes do solo (WIEN et al., 1976; ROSOLEM, 2002).

Para Rosolem (2002), a eficiência do fornecimento de nutrientes via foliar, desde que realizada adequadamente, é geralmente maior que o fornecimento via solo, acarretando economia de fertilizantes. Além disso, a adubação foliar é de fácil aplicação e apresenta custos relativamente baixos, e é adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados pelos produtores (SORATTO et al., 2011).

A aplicação de N via foliar até a época do florescimento pode aumentar o número de grãos por vagem e o número de vagens por planta, assim como causar pequeno aumento na massa de 100 grãos (ROSOLEM; BOARETTO, 1987). Já adubações foliares com N realizadas após o florescimento podem aumentar, principalmente, a massa dos grãos (MACHADO et al., 1982; ROSOLEM; BOARETTO, 1987; FANCELLI; TSUMANUMA, 2007), ou seja, proporcionar incremento na produção de grãos, sendo esta uma das características que determinam a aceitabilidade do produto pelo mercado consumidor (CARBONELL et al., 2010).

Ambrosano et al. (1996) avaliaram a aplicação de N em cobertura no cultivo de feijão irrigado no inverno, através de um experimento com dez tratamentos: testemunha sem adição de N e com adubação básica; testemunha sem N e sem adubação básica; aplicação de dose total de N (60 kg ha^{-1} de N), no plantio, aos 15 DAE, aos 25 DAE, 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 15, 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 25 DAE, 1/2 aos 15 e 1/2 aos 25 DAE e de aplicações foliares aos 15, 25, 35 e 45 DAE, de uma solução contendo ureia a 5% e 10%, sendo um tratamento com 1/2 da dose no plantio e 1/2 com pulverizações com 5% de ureia e outro tratamento com toda dose (60 kg ha^{-1} de N) em pulverizações com 10% de ureia. Os autores constataram que a produtividade pode ser aumentada pela adição de N, e que as doses únicas aplicadas em cobertura foram mais eficientes do que as aplicadas somente na semeadura, com melhor época de aplicação aos 25 DAE. A combinação do parcelamento de N no solo e via foliar foi superior à aplicação parcelada exclusivamente via foliar.

Santos et al. (2009), ao avaliar os componentes de produção cultura do feijão, conduziram um experimento com cinco concentrações de ureia (0, 0,5, 1,0, 1,5 e

2%) fornecidas em adubação via foliar, aos 30 e 45 dias após a semeadura, com quatro repetições. Os mesmos verificaram que a aplicação de ureia via foliar aumenta o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o peso de 1000 grãos. A cultura do feijão respondeu de forma crescente e positiva à adição de ureia via foliar até a concentração de 2%.

Almeida et al. (2000) desenvolveram um trabalho com o objetivo de verificar a influência de diferentes concentrações de ureia (0, 40, 60, 80, 100 e 120 g kg⁻¹) em solução, para fornecimento de N via foliar na presença e ausência de adubação nitrogenada em cobertura (via solo). Verificaram que não houve influência dos tratamentos sobre a massa de matéria seca (MS) das plantas, teor de N total nas folhas, número de vagens, grãos por vagem e peso de 100 grãos. Somente a produtividade de grãos sofreu efeito da aplicação em cobertura de N via solo. A produtividade do tratamento que recebeu N em cobertura foi significativamente superior em relação à testemunha.

Chidi et al. (2002) realizaram um experimento durante duas safras procurando avaliar a influência de concentrações de ureia (0, 30, 60, 90 e 120 g L⁻¹), em duas pulverizações foliares e níveis de N em cobertura (0, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹), em feijoeiro irrigado. Os autores verificaram que a aplicação de N em cobertura afetou na primeira safra a massa seca e o número de vagens por planta; na segunda safra a massa de 100 grãos e a produtividade; em ambas as safras o teor de N foliar. A aplicação de N foliar ainda afetou a produtividade na segunda safra, não havendo interação com a aplicação em cobertura.

Soratto et al. (2011) realizaram um experimento testando três doses de N (0, 45 e 90 kg ha⁻¹) em cobertura e quatro épocas de aplicação de N via foliar (1 – sem aplicação, 2 – pulverização no estágio R₅, 3 – pulverização no estágio R₇ e 4 – pulverizações nos estádios R₅+R₇), utilizando uma solução com 10 % de ureia. Observaram que quando realizada a adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar, independentemente da época, não alterou os componentes da produção, a produtividade e a qualidade dos grãos do feijoeiro. Na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar na fase reprodutiva aumentou a massa e o tamanho dos grãos, a produtividade e o teor de proteínas nos grãos, sendo que a aplicação de N via foliar no estágio R₅ foi mais eficiente em aumentar a produtividade de grãos em relação a aplicação em R₇.

A ureia é uma boa fonte de N para pulverização foliar, pois apresenta elevado teor do nutriente e as plantas toleram soluções mais concentradas de ureia, do que de outras fontes nitrogenadas (BOARETTO et al., 1985; ROSOLEM et al., 1990). BOARETTO et al. (1985) e ALMEIDA et al. (2000) demonstraram que concentrações de ureia de até 10% não causam injúrias sérias às folhas do feijoeiro, desde que a aplicação seja realizada no início da manhã ou no final da tarde. Entretanto, dificilmente se poderá nutrir a planta adequadamente por via foliar, uma vez que a aplicação de grande quantidade de nutriente pode causar fitotoxidez (ROSOLEM, 1996, 2002; ALMEIDA et al., 2000).

Utilizando-se formulações específicas de fertilizante, que liberem N em sincronia com o crescimento da planta, pode ser possível prover quantidades suficientes de N em uma única aplicação, satisfazendo assim os requerimentos da planta e mantendo baixas concentrações de N mineral no solo durante toda a estação de crescimento (PEOPLES et al., 1995). Isso é possível através do uso de “fertilizantes minerais inteligentes”, ou seja, que liberam os nutrientes contidos de acordo com necessidades da planta, isto é, por liberação lenta ou controlada (TRENKEL, 2010).

Os produtos de degradação microbiana, como ureia-formaldeído e ureia-aldeídos, são normalmente designados comercialmente como adubos de liberação lenta (*slow release fertilizers*). Aqueles que são revestidos por películas de enxofre ou polímeros de natureza diversa são designados de adubos de liberação controlada (*coated or encapsulated controlled release fertilizers*) (TRENKEL, 1997).

Segundo Shaviv (2001), as principais vantagens dos fertilizantes de liberação lenta ou controlada são: a) fornecimento regular e contínuo de nutrientes na época necessária para as plantas; b) menor frequência de aplicações; c) redução de perdas de nutriente por lixiviação, desnitrificação, imobilização e volatilização; d) eliminação de danos causados a planta devido à alta concentração de sais; e) maior praticidade no manuseio dos fertilizantes; f) redução da poluição ambiental, pela menor contaminação das águas subterrâneas e superficiais e g) redução nos custos de produção. Contudo, ainda há carência de estudos sobre o uso de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta, via foliar e sua influência sobre a produtividade e a qualidade de grãos do feijoeiro.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos de campo (experimento I e II), sendo cada um deles repetido em três condições (ambiente I, II e III), durante as safras “das águas” e “da seca” do ano agrícola 2012/2013.

5.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu-SP, latitude 22° 51’S, longitude 48° 26’W e altitude de 740 m. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa. É caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994).

Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), o solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho distroférico (Ambiente I e III) e Latossolo Vermelho distroférico (Ambiente II).

Os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima foram coletados através de uma estação meteorológica existente na Fazenda Experimental, os mesmos podem ser observados na Figura 1.

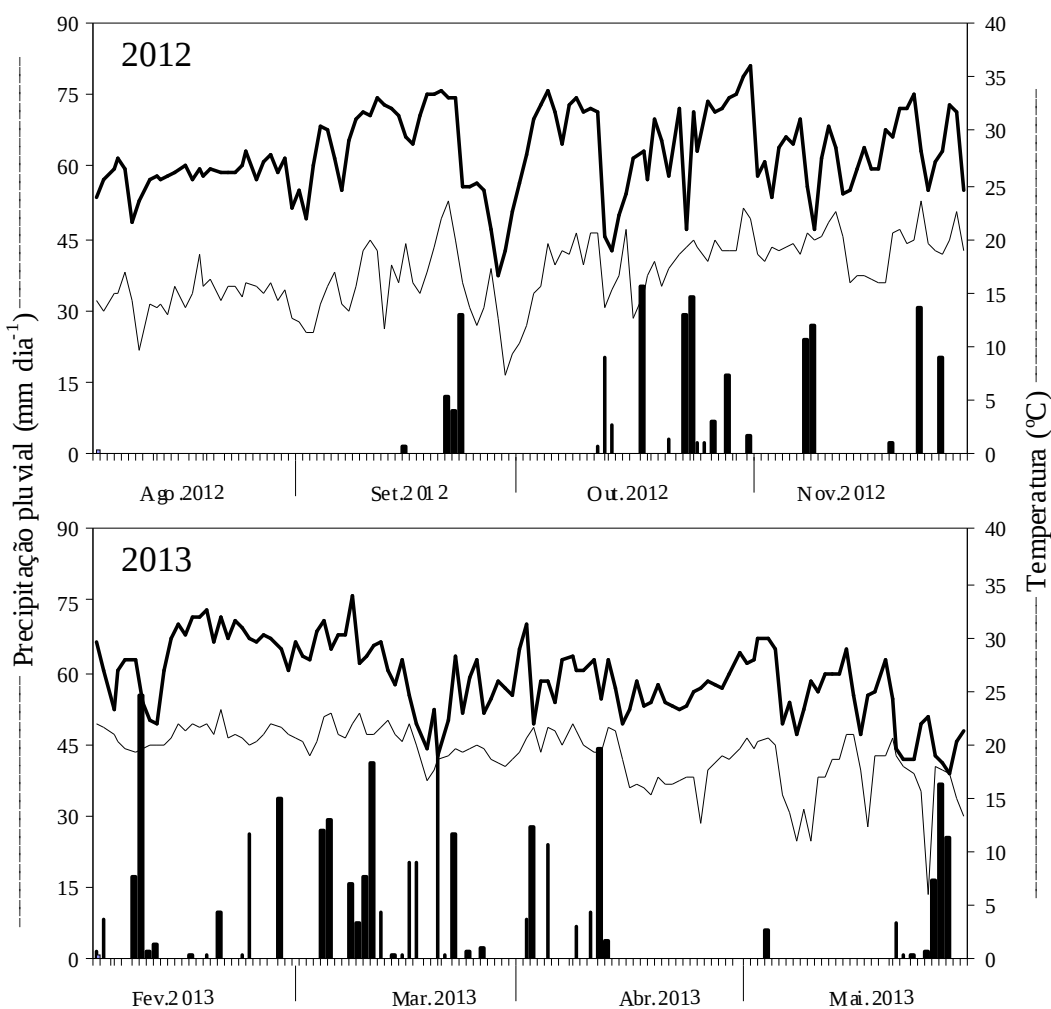


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (—) diárias registradas na área experimental, no período de agosto a novembro de 2012 e de fevereiro a maio de 2013.

Antes da instalação de cada experimento foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, para a análise química conforme Raij et al. (2001), cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos.

Experimentos	pH(CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P(resina) (mg dm ⁻³)	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
					(mmol _c dm ⁻³)				(%)
Ambiente I	5,6	26	50	31	4,7	43	21	100	69
Ambiente II	4,4	37	26	67	4,1	26	12	113	39
Ambiente III	5,3	35	41	37	4,7	47	24	111	67

5.2 Delineamento experimental, tratamentos e amostragem

No experimento I, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x5, com quatro repetições. O experimento foi constituído por 20 tratamentos, sendo a combinação de quatro doses de N em cobertura (0, 45, 90 e 180 kg ha⁻¹) e cinco tratamentos com aplicação de N via foliar (testemunha - sem aplicação; 1 - 2,5 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia comum (UC); 2 - 5,0 kg ha⁻¹ de N na forma de UC; 3 - 2,5 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia-formaldeído (UF; Coron[®]); 4 - 5,0 kg ha⁻¹ de N na forma de UF. A aplicação dos tratamentos de N em cobertura foi realizada quando as plantas estavam no estágio V₄ (três folhas trifolioladas totalmente expandidas), utilizando-se como fonte o nitrato de amônio. Já o fornecimento de N via foliar foi feito quando as plantas estavam no estágio R₅ (início da floração).

No experimento II, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. O experimento foi constituído por 12 tratamentos, ou seja, quatro doses de ureia-formaldeído (0; 1,25; 2,5 e 5,0 kg ha⁻¹) para fornecimento de N via foliar e três épocas de aplicação [1 – pulverização no estágio V₄ (três folhas trifolioladas completamente expandidas), 2 – pulverização no estágio R₅ (pré-floração) e 3 – pulverização no estágio R₇ (início da formação das vagens)].

Cada unidade experimental foi constituída por 5 fileiras de plantas espaçadas 0,45 m, com 6 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as três fileiras centrais, desprezando 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e duas fileiras de cada lado da unidade experimental.

5.3 Descrição da ureia-formaldeído (Coron[®])

A ureia-formaldeído, Coron[®] 25-0-0 0.5 B, é uma solução oleosa resinosa, que não hidrolisa no tecido da planta, mas é prontamente recebida através da membrana celular onde é translocada para o metabolismo, para armazenamento e utilização.

A maior parte do N presente no produto pode ser encontrado no interior da planta de 6 a 8 horas após a aplicação, é todo absorvido em 24-48 horas. A porção do mesmo que está na forma de ureia é usado primeiro pela planta, porém, a maior parte do N permanece na forma de ureia polimetileno, até que a planta possa utilizá-lo na

sua forma mais simples. Isto proporciona uma liberação controlada de N dentro dos mecanismos internos da planta.

5.4 Caracterização da cultivar de feijão

A cultivar de feijão Pérola é proveniente de trabalho de seleção de linhas puras do cultivar Aporé, realizado pela Embrapa Arroz e Feijão. As características da planta são: hábito de crescimento indeterminado (entre os tipos II e III); porte semi-ereto; ciclo médio da emergência à maturação fisiológica de 95 dias; média de 46 dias para floração; flor branca; vagem verde, levemente rosada, na maturação; e vagem amarelo-areia na colheita. Classificado no grupo comercial carioca, o grão da cultivar Pérola é de cor bege-clara, com rajas marrom-claras, brilho opaco e massa de 100 sementes de aproximadamente 27 g. É resistente à ferrugem, ao mosaico comum e a uma raça de antracnose. Apresenta também resistência intermediária à murcha de fusário e à mancha angular (YOKOYAMA et al., 1999).

5.5 Instalação e condução dos experimentos

Todos os experimentos foram conduzidos em áreas cultivadas no sistema plantio direto, anteriormente cultivadas com milho (ambiente I e III) e braquiária (ambiente II).

Em todos os experimentos, aproximadamente uma semana antes da semeadura, foi realizada dessecação das plantas presentes na área experimental, com a utilização do herbicida glifosato, na dose de 1.440 g ha^{-1} do ingrediente ativo (i.a.), utilizando volume de aplicação de 200 L ha^{-1} .

As semeaduras foram realizadas com semeadora-adubadora tratorizada modelo Personale DRILL-13, marca Semeato, regulada com espaçamento de 0,45 m entre fileiras e 13 sementes por metro, nas datas apresentadas na Tabela 2. As sementes foram tratadas com inseticida tiametoxam (140 g do i.a. por 100 kg de sementes), fungicida carboxina + tiram ($60 + 60 \text{ g}$ do i.a. por 100 kg de sementes) e cobalto + molibdênio ($4,5 + 45 \text{ g}$ por 100 kg de sementes). A adubação básica de semeadura foi realizada seguindo-se as recomendações de Ambrosano et al. (1997), sendo aplicados nos experimentos de 2012: 13 kg ha^{-1} (ureia); 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (super simples) e 40 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio); e nos experimentos de 2013: 180 kg ha^{-1} do formulado N- P_2O_5 - K_2O 8-28-16.

Tabela 2. Data de semeadura, emergência e colheita da cultura do feijão.

Experimentos	Semeadura	Emergência	Colheita
Ambiente I	20/08/2012	29/08/2012	23/11/2012 (86 DAE)
Ambiente II	14/02/2013	22/02/2013	15/05/2013 (82 DAE)
Ambiente III	21/02/2013	01/03/2013	04/06/2013 (95 DAE)

No experimento I, a adubação nitrogenada de cobertura foi realizada em 26/09/2012, 09/03/2013 e 14/03/2013, respectivamente, no irrigado 2012, sequeiro 2013 e irrigado 2013. A aplicação dos tratamentos com N via foliar foram realizadas em 09/10/2012, 07/04/2013 e 10/04/2013, respectivamente, no irrigado 2012, sequeiro 2013 e irrigado 2013.

No experimento II, as aplicações dos tratamentos via foliar foram realizadas, em 29/09, 09/10 e 24/10/2012 no irrigado 2012; em 24/03, 07/04 e 11/04/2013 no sequeiro 2013 e, em 24/03, 10/04 e 16/04/2013 no irrigado 2013.

O fornecimento de N via foliar foi feito utilizando-se um pulverizador manual pressurizado com CO₂, aplicando-se 200 L ha⁻¹ de solução. Para igualar a quantidade de boro (B) entre os tratamentos, já que o produto Coron[®] 25-0-0 0.5 B apresenta o mesmo na sua composição, fez-se a compensação da quantidade do micronutriente aplicado mediante aplicação de ácido bórico via foliar. Assim, todos os tratamentos, em ambos os experimentos, receberam a mesma quantidade de B.

Durante todo o período de desenvolvimento do feijoeiro foram realizadas todas as práticas agrícolas, de acordo com a necessidade. O controle fitossanitário foi realizado mediante o monitoramento da cultura e aplicações de produtos.

Foram realizadas as seguintes aplicações:

a) Ambiente I:

- dia 05/09: 35,3 + 26,50 g ha⁻¹ de tiametoxam + lambda-cialotrina e 450 g ha⁻¹ de metamidofós.

- dia 12/09: 100 g ha⁻¹ de fluazifope-p-butilico, 125 g ha⁻¹ de fomesafen e 450 g ha⁻¹ de matamidofós.

- dia 03/10: 280 g ha⁻¹ de hidróxido de fentina.

- dia 10/10: 28,2 + 21,2 g ha⁻¹ de tiametoxam + lambda-cialotrina e 50 g ha⁻¹ de azoxistrobina.

- dia 19/10: 100 g ha⁻¹ de fluazifope-p-butílico, 125 g ha⁻¹ de fomesafen e 450 g ha⁻¹ de matamidofós e 60 g ha⁻¹ de azoxistrobina.

- dia 25/10: 28,2 + 21,2 g ha⁻¹ de tiametoxam + lambda-cialotrina e 400 + 1.000 g ha⁻¹ de tiofanato-metílico + clorotalonil.

- dia 06/11: óxido cuproso 224 g ha⁻¹.

b) Ambiente II e III:

- dia 07/03: 35,3 + 26,50 g ha⁻¹ de tiametoxam + lambda-cialotrina, 100 g ha⁻¹ de fluazifope-p-butílico e 125 g ha⁻¹ de fomesafen.

- dia 15/03: 107,5 de g ha⁻¹ metomil, 450 g ha⁻¹ de acefato e 50 g ha⁻¹ de azoxistrobina.

- dia 27/03: 450 g ha⁻¹ de acefato e 400 + 1.000 g ha⁻¹ de tiofanato-metílico + clorotalonil.

- dia 09/04: 300 g ha⁻¹ de hidróxido de fentina, 33,6 g ha⁻¹ de flubendiamida e 28,2 + 21,2 g ha⁻¹ de tiametoxam + lambda-cialotrina.

- dia 26/04: 400 + 1.000 g ha⁻¹ de tiofanato-metílico + clorotalonil, 33,6 g ha⁻¹ de flubendiamida e 450 g ha⁻¹ de acefato.

- dia 30/04: 750 de g ha⁻¹ de fluazinam.

- dia 09/05: 35,3 + 26,5 g ha⁻¹ de tiametoxam + lambda-cialotrina, 107,5 de g ha⁻¹ metomil e 750 g ha⁻¹ de promicidona.

5.6 Avaliações

a) Matéria seca da parte aérea

No estádio R₈ (enchimento de grãos) foram coletadas oito plantas na área útil de cada parcela, secadas em estufa a 65 °C por 72 horas e pesada para determinação da Matéria Seca (MS) da parte aérea. De acordo com Soratto et al. (2013), o feijoeiro cultivar Pérola atinge a máxima quantidade de MS acumulada na parte aérea no estádio R₈.

b) Teor e acúmulo de N na parte aérea

O material coletado para determinação da MS foi moído, e submetido à determinação do teor de N (MALAVOLTA et al., 1997). Como os dados de teor de N e MS foi calculado o acúmulo de N na parte aérea.

c) População final de plantas

A determinação da população final foi realizada na véspera da colheita, considerando duas fileiras dentro da área útil com comprimento de 3 m em cada unidade experimental, sendo os resultados convertidos em plantas ha⁻¹.

d) Número de vagens por planta

Por ocasião da colheita, foi realizada a coleta de dez plantas por unidade experimental, nas quais foi determinado o número de vagens por planta, mediante a relação entre número total de vagens e o número total de plantas.

e) Número de grãos por vagem

Foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliados nas dez plantas coletada para determinação do número de vagens por planta.

f) Massa de 100 grãos

Foi determinada por meio da pesagem de quatro amostras de 100 grãos por unidade experimental. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

g) Produtividade de grãos

Para a avaliação da produtividade de grãos, foram colhidas as plantas contidas em duas fileiras de 3 m de comprimento na área útil de cada unidade experimental. As plantas, após serem arrancadas, foram secas ao sol e, posteriormente trilhadas mecanicamente. Os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

h) Produção relativa de grãos retidos em peneira

Para a determinação da produção de grãos retidos em cada peneira, os grãos colhidos em cada unidade experimental foram classificados em peneiras com furos oblongos de número 10 (3,97 x 19,05 mm), 11 (4,37 x 19,05 mm), 12 (4,76 x 19,05 mm), 13 (5,16 x 19,05 mm), 14 (5,56 x 19,05 mm) e 15 (5,95 x 19,05 mm). Com o

objetivo de se obter uma classificação de cada parcela para posterior comparação, a massa dos grãos retidos em cada peneira foi submetida a uma escala de pesos/notas, em que, para a peneira 10 foi estipulado peso 1; para a peneira 11, peso 4; para a peneira 12, peso 6; para a peneira 13, peso 10; para a peneira 14, peso 10; e para a peneira 15, peso 6 (CARBONELL et al., 2010).

As peneiras de número 13 e 14 foram consideradas as mais importantes, devido à atual demanda do mercado consumidor indicada pela indústria empacotadora (CARBONELL et al., 2010).

Os resultados obtidos foram analisados na seguinte fórmula:

$$PRGP = ((P10 \times \text{Peso } 1) + (P11 \times \text{Peso } 4) + (P12 \times \text{Peso } 6) + (P13 \times \text{Peso } 10) + (P14 \times \text{Peso } 10) + (P15 \times \text{Peso } 6)) / (P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15)$$

Em que:

- PRGP: Produtividade Relativa de Grãos retidos em Peneiras
- P10: massa(g) retida na peneira de furo oblongo de número 10;
- P11: massa(g) retida na peneira de furo oblongo de número 11;
- P12: massa(g) retida na peneira de furo oblongo de número 12;
- P13: massa(g) retida na peneira de furo oblongo de número 13;
- P14: massa(g) retida na peneira de furo oblongo de número 14;
- P15: massa(g) retida na peneira de furo oblongo de número 15.

i) Rendimento de peneira

Foi determinado o rendimento de peneira (RP%), conforme a fórmula (CARBONELL et al., 2010):

$$RP\% = ((P12 + P13 + P14 + P15) / (P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + \text{Fundo})) \times 100$$

Em que:

- RP%: rendimento de peneira;
- P10: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 10;
- P11: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 11;
- P12: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 12;
- P13: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 13;
- P14: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 14;
- P15: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 15.

j) Teor de proteína bruta nos grãos

Uma amostra de grãos de cada unidade experimental foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas. Em seguida os grãos foram moídos e submetidos à análise para determinação do teor de N, conforme método descrito por Malavolta et al. (1997). Após a obtenção do teor de N de cada amostra, o valor foi multiplicado pelo fator 6,25 obtendo-se assim, o teor de proteína nos grãos.

l) Produtividade de proteína

A produtividade de proteína foi determinada pela multiplicação do valor do teor de proteína pela produtividade de grãos (massa seca) de cada unidade experimental.

5.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As médias dos fatores quantitativos foram submetidas à análise de regressão.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I – Doses de N via solo e N via foliar

A aplicação de N, seja via solo ou foliar, não interferiu na população final de plantas em nenhum dos cultivos realizados e não houve interação entre os fatores estudados (Tabela 3). No entanto, nos ambientes II e III a população de plantas ficou abaixo da obtida no ambiente I, provavelmente em função do menor poder de germinação e vigor das sementes ou da condição de cultivo, já que a quantidade de sementes utilizada por metro linear foi semelhante. De acordo com Souza et al. (2002), populações de plantas de 120-300 mil plantas ha⁻¹ não alteram a produtividade de grãos do feijoeiro. Isto ocorre em função da capacidade de compensação dos componentes primários de produção do feijoeiro, resultando, na prática, na obtenção de produtividades equivalentes, com diferentes populações (ARF et al., 2011).

Na média dos experimentos realizados em diferentes ambientes, não se verificou influência dos tratamentos sobre a população final de plantas do feijão comum (Tabela 3).

Tabela 3. População final de plantas da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	População final de plantas			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(plantas ha ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	226.352	174.074	162.093	187.506
45	222.370	179.500	162.741	188.204
90	229.870	177.370	163.370	190.204
180	217.167	177.389	159.074	184.543
Equação	-	-	-	-
N via foliar				
Testemunha	227.384a	175.046a	160.671a	187.701a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	233.009a	177.755a	165.023a	191.929a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	225.023a	177.430a	160.833a	187.762a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	218.079a	177.847a	160.556a	185.494a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	216.204a	177.338a	162.014a	185.185a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,206	0,863	0,942	0,656
Reg. Linear	0,197	0,753	0,658	0,493
Reg. Quadrática	0,286	0,575	0,672	0,326
N via foliar (F)	0,106	0,995	0,982	0,685
Interação S x F	0,96	0,999	0,884	0,999
CV (%)	8,7	11,4	14,6	7,6

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve acréscimo na MS da parte aérea com o aumento das doses de N aplicadas em cobertura via solo no ambiente II, onde também se obteve resposta para a aplicação de N via foliar, e na média dos cultivos (Tabela 4). Observou-se resposta quadrática para a aplicação de N via solo, ou seja, a MS aumentou com a aplicação de N até a dose estimada de 165 kg ha⁻¹. A aplicação de ureia comum e formaldeído, independente da dose, aumentaram a produção de massa de matéria seca, porém apenas o tratamento com aplicação de 5,0 kg ha⁻¹ de ureia proporcionou valor significativamente maior que a testemunha (Tabela 4). Isso ocorre porque o N é constituinte da clorofila, aminoácidos, proteínas e enzimas, e afeta o processo de fotossíntese, consequentemente o crescimento e o desenvolvimento da planta (MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 4. Matéria seca da parte aérea da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Matéria seca da parte aérea			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g planta ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	24,0	11,6	28,4	21,3
45	23,7	16,4	30,7	23,6
90	24,3	16,4	30,3	24,0
180	25,8	19,4	31,2	25,2
Equação	-	(1)	-	(2)
N via foliar				
Testemunha	24,4a	14,1b	29,4a	22,6a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	22,6a	16,1ab	29,8a	22,8a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	24,9a	17,4a	30,9a	24,4a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	24,6a	16,0ab	30,5a	23,7a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	25,8a	16,2ab	30,2a	23,1a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,540	<0,001	0,161	<0,001
Reg. Linear	0,183	<0,001	0,065	<0,001
Reg. Quadrática	0,567	<0,001	0,368	0,080
N via foliar (F)	0,437	0,002	0,856	0,133
Interação S x F	0,590	0,207	0,625	0,765
CV (%)	19,9	13,4	13,7	9,66

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 11,893 + 0,099x - 0,0003x^2$ $R^2 = 0,97$; ⁽²⁾ $y = 21,503 + 0,0427x - 0,00013x^2$ $R^2 = 0,96$.

Comparando-se todos os ambientes de cultivo e os tratamentos realizados, observa-se menor MS da parte aérea quando a cultura não foi irrigada, ou seja, no ambiente II (Tabela 4). Isso se deve ao fato de que sob condições de déficit hídrico ocorre o fechamento dos estômatos da planta, que provoca a diminuição da taxa transpiratória e consequentemente da taxa fotossintética, ocorre aumento da taxa respiratória e queda no acúmulo de MS (COSTA, 1986). Segundo o autor, doses elevadas de N minimizam o efeito do déficit hídrico sobre os parâmetros de crescimento da planta, o que pode justificar o ocorrido com a aplicação de N via solo no ambiente II (Tabela 4). Além disso, entre os cultivos irrigados (ambiente I e III), a MS sofreu influência da população de plantas, sendo maior no ambiente III quando comparado ao I, ou seja, houve o efeito compensatório das plantas, concordando com Arf et al. (2011).

Nas três condições de cultivo, o teor de N na parte aérea foi afetado pela aplicação de N via solo (Tabela 5). A resposta foi linear nos ambientes I, II e na média dos cultivos, ou seja, o teor de N na parte aérea aumentou com o acréscimo de doses de N no solo. No ambiente III a variável teve comportamento quadrático inverso e a aplicação de 180 kg ha⁻¹ proporcionou maior valor. A variável não foi influenciada pela aplicação de N via foliar, na média e em nenhum dos cultivos realizados (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de N na parte aérea da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Teor de N na parte aérea			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g kg ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	21,9	24,6	23,4	23,3
45	22,9	24,6	22,1	23,1
90	23,9	26,9	23,4	24,8
180	25,9	28,4	26,2	26,8
Equação	(1)	(2)	(3)	(4)
N via foliar				
Testemunha	24,6a	26,0a	23,9a	24,8a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	23,8a	25,7a	23,5a	24,3a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	23,3a	26,1a	22,2a	23,8a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	24,5a	26,7a	24,2a	25,2a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	22,0a	26,2a	25,1a	24,4a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,007	0,001	<0,001	<0,001
Reg. Linear	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,882	0,900	0,020	0,219
N via foliar (F)	0,304	0,932	0,077	0,321
Interação S x F	0,948	0,624	0,153	0,335
CV (%)	15,8	12,8	12,3	7,5

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 21,799 + 0,0258x$ $R^2 = 0,97$; ⁽²⁾ $y = 24,365 + 0,021x$ $R^2 = 0,92$; ⁽³⁾ $y = 23,186 - 0,022x + 0,0002x^2$ $R^2 = 0,95$; ⁽⁴⁾ $y = 22,829 + 0,0214x$ $R^2 = 0,91$.

Chidi et al. (2002), trabalhando com N via solo e via foliar, obtiveram resultados semelhantes, ou seja, a aplicação via foliar não afetou o teor de N e doses crescentes de N aplicadas no solo aumentaram o teor do nutriente nas duas safras. Carvalho et al. (2003), Farinelli et al. (2006), Franco et al. (2008) e Kaneko et al. (2010),

também obtiveram resposta positiva para o teor de N com a aplicação de doses crescentes de N em cobertura. Já Barbosa et al. (2010), constatou que a influência das diferentes doses de N no teor do nutriente na folha não foi significativa.

No ambiente II, as plantas de feijão apresentaram maior teor de N na parte aérea em relação às demais condições de cultivo (Tabela 5). Isso ocorre provavelmente em função da maior concentração do nutriente na planta, devido à menor produção de MS da parte aérea.

A quantidade de N acumulada na parte aérea foi influenciada pela aplicação de N via solo em todos os ambientes de cultivo e na média destes (Tabela 6). O comportamento foi linear no ambiente I, III e na média dos três cultivos, ou seja, quanto maior a dose de N aplicada em cobertura, mais N é acumulado na parte aérea. No ambiente II, a resposta foi quadrática e a maior quantidade de N acumulada foi alcançada com a dose estimada de 132 kg ha⁻¹ de N em cobertura. O acúmulo de N na parte aérea não foi influenciado pelo N aplicado via foliar e não houve interação entre os fatores estudados.

Apesar do teor de N da parte aérea no cultivo realizado no ambiente II ter sido maior em relação ao I e III, a quantidade de N acumulada foi menor (Tabela 5 e 6). Isso ocorre porque o mesmo depende da quantidade de MS produzida, que foi menor para esta condição de cultivo (Tabela 4). Segundo Silveira e Damasceno (1993), à medida que aumenta o teor e a quantidade de MS, aumenta-se o conteúdo do nutriente na planta. Esses resultados reforçam o que já foi discutido anteriormente, ou seja, que o N aplicado em cobertura tem maior relevância em condições de sequeiro, pois quando todos os fatores são favoráveis, principalmente a disponibilidade de nutrientes no solo e as condições hídricas, a absorção de nutrientes é favorecida. Segundo Mengel e Kirkby (1987), o contato dos nutrientes com o sistema radicular é dependente da umidade do solo, e para o N esse contato dá-se principalmente por fluxo de massa.

Tabela 6. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Quantidade de N acumulada na parte aérea			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(kg ha ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	119,1	49,5	107,4	92,0
45	118,2	72,5	111,0	100,6
90	137,1	83,1	114,4	111,5
180	144,4	93,0	129,5	122,3
Equação	(1)	(2)	(3)	(4)
N via foliar				
Testemunha	137,7a	64,8a	113,1a	105,3a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	125,4a	73,5a	114,8a	104,6a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	129,5a	81,0a	108,4a	106,3a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	132,3a	78,1a	119,4a	109,9a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	123,7a	75,2a	122,2a	107,0a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,086	<0,001	0,074	<0,001
Reg. Linear	0,018	<0,001	0,010	<0,001
Reg. Quadrática	0,896	0,004	0,605	0,388
N via foliar (F)	0,853	0,106	0,666	0,900
Interação S x F	0,946	0,844	0,629	0,667
CV (%)	29,8	23,3	24,0	15,2

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade: ⁽¹⁾ $y = 117,256 + 0,158x$ $R^2 = 0,86$; ⁽²⁾ $y = 50,189 + 0,526x - 0,002x^2$ $R^2 = 0,99$; ⁽³⁾ $y = 105,856 + 0,123x$ $R^2 = 0,96$; ⁽⁴⁾ $y = 93,267 + 0,169x$ $R^2 = 0,98$.

O número de vagens por planta respondeu significativamente e de forma linear à aplicação de N via solo nos três cultivos realizados e na média dos mesmos (Tabela 7). Verifica-se que conforme se aumentou a dose de N aplicada via solo, maior número de vagens por planta foi produzido. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva e Silveira (2000), Chidi et al. (2002), Franco et al. (2008) e Soratto et al. (2011). Já Almeida et al. (2000) e Barbosa et al. (2010) não obtiveram êxito com a aplicação de N em cobertura via solo sobre o número de vagens. Segundo Portes (1996), o número de vagens por planta sofre grande influência da adubação nitrogenada. Quando a planta apresenta deficiência desse nutriente, produz menos flores e, conseqüentemente, menos vagens.

A aplicação de N via foliar não influenciou o número de vagens por planta e não houve interação entre os fatores estudados (Tabela 7). Almeida et al. (2000),

Chidi et al. (2002) e Soratto et al. (2011) também não observaram efeito da aplicação de N via foliar sobre essa variável, discordando de Santos et al. (2009) que obtiveram aumento no número de vagens por planta com aplicação de ureia via foliar, até a concentração de 2% da calda.

Tabela 7. Número de vagens por planta da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Número de vagens por planta			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(no. planta ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	12,4	10,8	12,4	11,9
45	13,6	11,7	12,9	12,7
90	14,5	12,9	13,7	13,7
180	14,5	14,3	14,5	14,4
Equação	(1)	(2)	(3)	(4)
N via foliar				
Testemunha	13,7a	11,5a	12,4a	12,5a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	13,4a	12,3a	12,7a	12,8a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	13,8a	12,6a	13,1a	13,2a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	13,8a	13,0a	14,2a	13,7a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	14,1a	12,8a	14,6a	13,8a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,024	0,002	0,179	<0,001
Reg. Linear	0,008	<0,001	0,030	<0,001
Reg. Quadrática	0,109	0,641	0,851	0,236
N via foliar (F)	0,936	0,626	0,224	0,132
Interação S x F	0,901	0,997	0,994	0,961
CV (%)	18,0	23,0	23,8	12,6

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 12,348 + 0,035x$ $R^2 = 0,99$; ⁽²⁾ $y = 10,721 + 0,027x$ $R^2 = 0,99$; ⁽³⁾ $y = 12,445 + 0,012x$ $R^2 = 0,98$; ⁽⁴⁾ $y = 12,064 + 0,0143x$ $R^2 = 0,94$.

O número de grãos por vagem não sofreu efeito da aplicação de N via solo ou foliar em nenhum dos cultivos e não houve interação entre os tratamentos aplicados (Tabela 8). Almeida et al. (2000), Chidi et al. (2002), Soratto et al. (2006, 2011), Franco et al. (2008) e Barbosa et al. (2010) também não obtiveram aumento do número de grãos por vagem com a aplicação de N em cobertura e/ou via foliar na cultura do feijão. Segundo Andrade et al. (1998), esta característica apresenta alta herdabilidade genética,

sendo pouco influenciada pelo ambiente. Porém Arf et al. (2004), verificaram que o número de grãos por vagem, mesmo sendo uma característica mais relacionada com a cultivar, responde ao aumento das doses de N, manejo do solo e irrigação. Segundo os autores, isso indica que uma melhor nutrição nitrogenada pode aumentar o número de óvulos fertilizados por vagem.

O número de vagens e grãos por vagem tiveram comportamento semelhante da quantidade de N acumulada na parte aérea, com relação às condições de cultivo (Tabelas 6, 7 e 8), sendo possível afirmar que essas variáveis são afetadas pelo estado nutricional da planta, que é dependente das condições hídricas e disponibilidade do nutriente para o desenvolvimento da mesma.

Tabela 8. Número de grãos por vagem da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Número de grãos por vagem			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(no. vagem ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	5,1	4,2	4,8	4,7
45	4,9	4,4	4,9	4,8
90	4,8	4,3	4,9	4,7
180	4,9	4,3	4,8	4,7
Equação	-	-	-	-
N via foliar				
Testemunha	4,9a	4,3a	4,8a	4,6a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	5,0a	4,3a	4,8a	4,7a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	4,9a	4,3a	4,9a	4,7a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	5,0a	4,4a	4,9a	4,8a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	5,0a	4,4a	4,9a	4,8a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,090	0,520	0,433	0,697
Reg. Linear	0,218	0,736	0,816	0,569
Reg. Quadrática	0,057	0,296	0,104	0,537
N via foliar (F)	0,310	0,657	0,770	0,179
Interação S x F	0,684	0,783	0,978	0,798
CV (%)	5,8	8,3	7,7	3,9

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de N via solo e foliar não afetou a massa de 100 grãos e não houve interação entre os fatores estudados para esta variável (Tabela 9). Resultados semelhantes foram obtidos por Crusciol et al. (2003), Franco et al. (2008) e Barbosa et al. (2010), quando aplicaram N em cobertura. Já Carvalho et al. (2001) e Cunha et al. (2011), obtiveram aumento linear na massa de 100 grãos com a aplicação de N via solo, assim como Soratto et al. (2011), que também verificaram efeito dos tratamentos que receberam N foliar sobre essa variável. Dentre os cultivos, verifica-se que as menores massas de 100 grãos foram obtidas no cultivo de sequeiro (Tabela 7). Isso pode ter sido ocasionado pelo fato de que as plantas nessa condição produziram menor quantidade de massa de matéria seca, e de acordo com Arf et al. (2004), tem-se menor produção de fotoassimilados e consequentemente redução da massa de grãos.

Tabela 9. Massa de 100 grãos da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Massa de 100 grãos			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	26,2	25,0	26,2	25,8
45	26,4	24,4	26,4	25,7
90	26,4	24,4	26,6	25,8
180	26,7	24,8	26,5	26,0
Equação	-	-	-	-
N via foliar				
Testemunha	26,1a	24,5a	26,1a	25,6a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	26,5a	24,6a	25,9a	25,7a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	26,4a	24,8a	26,5a	25,9a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	26,3a	24,6a	26,5a	25,8a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	26,8a	24,7a	27,1a	26,2a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,715	0,064	0,791	0,686
Reg. Linear	0,258	0,609	0,436	0,356
Reg. Quadrática	0,869	0,051	0,529	0,457
N via foliar (F)	0,573	0,880	0,101	0,122
Interação S x F	0,108	0,568	0,791	0,308
CV (%)	4,8	3,4	4,8	2,8

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No cultivo realizado no ambiente II e na média, a produtividade de grãos foi influenciada pela aplicação de N via solo com incremento linear e quadrático, respectivamente (Tabela 10). No ambiente II houve um aumento na produtividade de 730 kg ha⁻¹ (40,9%) no tratamento que recebeu 180 kg ha⁻¹, em relação à testemunha (sem aplicação de N via solo). Na média dos cultivos, a maior produtividade foi obtida com a aplicação da dose estimada de 168 kg ha⁻¹ de N em cobertura via solo. Farinelli e Lemos (2010), Cunha et al. (2011) e Mingotte et al. (2014) também verificaram aumento na produtividade de grãos da cultura do feijão comum com a aplicação de doses crescentes de N em cobertura, já Barbosa et al. (2010) não obtiveram resposta.

Tabela 10. Produtividade de grãos da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Produtividade de grãos			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(kg ha ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	3.246	1.787	2.530	2.521
45	3.275	2.113	2.664	2.685
90	3.412	2.257	2.837	2.836
180	3.434	2.517	2.763	2.905
Equação	-	(1)	-	(2)
N via foliar				
Testemunha	3.198a	1.928b	2.450b	2.525c
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	3.328a	2.138ab	2.535b	2.667bc
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	3.330a	2.204ab	2.708ab	2.747ab
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	3.419a	2.258a	2.795ab	2.824ab
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	3.436a	2.315a	3.006a	2.920a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,273	<0,001	0,174	<0,001
Reg. Linear	0,074	<0,001	0,100	<0,001
Reg. Quadrática	0,623	0,087	0,152	0,017
N via foliar (F)	0,383	0,005	0,009	<0,001
Interação S x F	0,984	0,810	0,999	0,985
CV (%)	11,0	13,5	16,8	6,7

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 1801,74 + 6,805x$ $R^2 = 0,99$; ⁽²⁾ $y = 2515,93 + 4,697x - 0,014x^2$ $R^2 = 0,99$.

A aplicação de N via foliar influenciou significativamente a produtividade de grãos nos ambientes II e III, e na média dos cultivos (Tabela 10). Em ambos os cultivos e na média, a aplicação de N via foliar fez com que houvesse aumento na produtividade de grãos, que foi maior quando o N foi aplicado na forma de ureia-formaldeído (UF). No ambiente II, houve um incremento de 330 kg ha⁻¹ (17%) e 387 kg ha⁻¹ (20%) na produtividade de grãos com a aplicação de 2,5 e 5,0 kg ha⁻¹ N na forma de UF, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha (sem aplicação de N via foliar). No ambiente III a produtividade também foi superior no tratamento com 5,0 kg ha⁻¹ de N-UF, diferindo do tratamento testemunha e da aplicação de 2,5 kg ha⁻¹ N na forma de ureia comum (UC); o tratamento que recebeu 5,0 kg ha⁻¹ de N-UF produziu 556 kg ha⁻¹ (22,7%) a mais que a testemunha. Na média dos cultivos, o tratamento que recebeu 5,0 kg ha⁻¹ de N-UF diferiu estatisticamente da testemunha e da aplicação de 2,5 kg ha⁻¹ N-UC; o aumento foi de 395 kg ha⁻¹ (15,7%) quando comparado à testemunha e 253 kg ha⁻¹ (9,5%) em relação ao tratamento com aplicação de 2,5 kg ha⁻¹ N-UC.

Almeida et al. (2000), Chidi et al. (2002) e Soratto et al. (2011), testaram a resposta do feijoeiro à aplicação de N via foliar, utilizando como fonte a ureia comum. Destes autores, apenas Almeida et al. (2000) não obtiveram aumento na produtividade de grãos com a aplicação foliar.

A produção relativa de grãos retidos em peneira (PRGP) respondeu de forma linear decrescente à aplicação de N via solo no cultivo realizado no ambiente I, ou seja, quanto maior a quantidade de N aplicado menor a PRGP (Tabela 11). Já a aplicação de N via foliar afetou a média dos cultivos, sendo que o tratamento que recebeu 5,0 kg ha⁻¹ de N-UF teve maior PRGP, diferindo estatisticamente da aplicação de 2,5 kg ha⁻¹ N-UC e se igualando aos demais tratamentos.

Soratto et al. (2011) verificaram efeito da aplicação de N via solo, foliar e interação entre os tratamentos, sobre a PRGP. Segundo esses autores, a adubação nitrogenada de cobertura, independentemente da dose, proporcionou grãos de maior qualidade na ausência da aplicação de N via foliar, ou quando realizada apenas em R₅. Na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar no estágio R₇ ou em R₇ + R₅ proporcionou grãos de maior qualidade, em relação ao tratamento que recebeu N via foliar apenas em R₅. Porém, na presença da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar não interferiu no tamanho dos grãos. No presente trabalho, a redução nos valores de PRGP em função da aplicação de N via solo (Tabela

11), provavelmente foi devido ao aumento na percentagem de grãos retidos na peneira 15, considerados de menor peso, já que a adubação nitrogenada via solo proporcionou tendência de aumento da massa de 100 grãos (Tabela 9).

Tabela 11. Produção relativa de grãos retidos em peneira (PRGP) da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	PRGP			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
N via solo (kg ha^{-1})				
0	7,70	6,88	7,08	7,22
45	7,42	6,59	7,10	7,04
90	7,39	6,57	7,15	7,04
180	7,18	6,60	7,28	7,02
Equação	(1)	-	-	-
N via foliar				
Testemunha	7,34a	6,60a	7,15a	7,03ab
2,5 kg ha^{-1} N-UC	7,16a	6,58a	6,97a	6,90b
5,0 kg ha^{-1} N-UC	7,39a	6,70a	7,09a	7,06ab
2,5 kg ha^{-1} N-UF	7,56a	6,62a	7,17a	7,12ab
5,0 kg ha^{-1} N-UF	7,67a	6,81a	7,38a	7,29a
Probabilidade ($P>F$)				
N via solo (S)	0,033	0,141	0,457	0,128
Reg. Linear	0,005	0,127	0,116	0,076
Reg. Quadrática	0,518	0,101	0,769	0,160
N via foliar (F)	0,081	0,671	0,134	0,012
Interação S x F	0,783	0,555	0,756	0,724
CV (%)	7,3	7,3	6,1	4,2

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 7,674 - 0,005x$ $R^2 = 0,95$.

O rendimento de peneiras foi afetado pela aplicação de N via solo no ambiente I e na média dos cultivos realizados, na qual também foi observada influência da aplicação via foliar (Tabela 12). Tanto no ambiente I como na média dos cultivos a variável teve comportamento linear decrescente, ou seja, quanto maior a dose de N aplicada via solo, menor o rendimento de peneiras. Já a aplicação foliar resultou em maior rendimento de peneira na média dos cultivos (Tabela 12). O tratamento que recebeu 5,0 kg

ha⁻¹ de N-UF proporcionou maior rendimento de peneiras, diferindo estatisticamente da aplicação de 2,5 kg ha⁻¹ N na forma de UC e se igualando aos demais tratamentos.

Estes resultados discordam de Soratto et al. (2011), Fiorentin et al. (2012) e Santos et al. (2016). Soratto et al. (2011) não verificaram influencia da aplicação de N via solo ou foliar sobre o rendimento de peneira, mesmo tendo obtido efeito dos fatores estudados sobre a massa de 100 grãos e a porcentagem de grãos retidos nas peneiras. Fiorentin et al. (2012) também não constataram interferência da adubação nitrogenada em cobertura via solo sobre o rendimento de peneiras. Já Santos et al. (2016), verificaram que o tamanho e a uniformidade dos grãos aumentaram com as doses de N aplicadas via solo, resultados contrários aos obtidos neste experimento.

Tabela 12. Rendimento de peneiras da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Rendimento de peneiras			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(%)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	82,8	77,1	79,8	79,9
45	80,3	75,2	78,6	78,1
90	80,5	74,6	78,2	77,8
180	76,7	74,0	79,8	76,8
Equação	(¹)	-	-	(²)
N via foliar				
Testemunha	79,2a	75,6a	79,5a	78,1ab
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	76,5a	74,2a	77,0a	75,9b
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	79,0a	75,1a	77,8a	77,3ab
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	82,7a	74,4a	79,8a	79,0ab
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	83,0a	76,9a	81,4a	80,4a
	Probabilidade (<i>P>F</i>)			
N via solo (S)	0,070	0,394	0,594	0,067
Reg. Linear	0,011	0,120	0,898	0,014
Reg. Quadrática	0,891	0,483	0,174	0,374
N via foliar (F)	0,067	0,713	0,083	0,012
Interação S x F	0,905	0,726	0,602	0,5924
CV (%)	9,0	7,9	6,0	4,6

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (¹) $y = 82,566 - 0,032x$ $R^2 = 0,93$; (²) $y = 79,353 - 0,015x$ $R^2 = 0,84$.

Os teores de proteína bruta nos grãos dos cultivos realizados no ambiente I e III, além da média foram influenciados pela aplicação de N via solo (Tabela 9). O teor de proteína bruta teve comportamento linear crescente no ambiente I e na média dos cultivos, ou seja, aumentou com o acréscimo de N aplicado no solo. No ambiente III foi quadrático inverso, com maior teor sendo observado com a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N via solo. Já a aplicação de N via foliar não afetou esta variável, em nenhum dos cultivos realizados. Gomes Junior et al. (2005), Gomes Junior e Sá (2010), Soratto et al. (2011) e Santos et al. (2016), também observaram incremento no teor de proteína nos grãos nos tratamentos cujas plantas receberam maiores níveis de adubação nitrogenada.

Tabela 13. Teor de proteína nos grãos da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Teor de proteína nos grãos			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g kg ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	185,4	213,0	221,8	206,7
45	192,3	228,8	217,5	212,8
90	189,3	224,6	220,3	211,4
180	198,9	228,9	240,7	222,8
Equação	(1)	-	(2)	(3)
N via foliar				
Testemunha	194,5a	213,8a	227,3a	211,9a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	196,4a	226,5a	222,5a	215,1a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	190,0a	220,3a	228,7a	213,0a
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	187,9a	232,1a	224,3a	214,8a
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	188,4a	226,4a	222,5a	212,5a
	Probabilidade (P>F)			
N via solo (S)	0,009	0,059	<0,001	<0,001
Reg. Linear	0,002	0,055	<0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,797	0,188	0,003	0,438
N via foliar (F)	0,213	0,133	0,662	0,769
Interação S x F	0,356	0,683	0,205	0,105
CV (%)	6,5	9,2	6,5	4,0

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ y = 186,601 + 0,048x R² = 0,81; ⁽²⁾ y = 221,560 - 0,142x + 0,001x² R² = 0,99; ⁽³⁾ y = 206,875 + 0,083x R² = 0,89.

A produtividade de proteína foi afetada pelos tratamentos aplicados via solo em todos os ambientes e na média dos cultivos (Tabela 14). Esta variável respondeu de forma linear crescente à aplicação de N via solo no ambiente I, III e na média, e quadrático no ambiente II. Houve um acréscimo na produtividade de proteína de 69 (13%), 170 (51%), 92 (19%) e 110 kg ha⁻¹ (25%) nos ambiente I, II, III e na média, respectivamente, quando comparados os tratamentos que receberam a maior dose à aqueles que não receberam N via solo. A maior produtividade de proteína no ambiente II foi obtida na dose estimada de 208 kg ha⁻¹ de N aplicados via solo.

Tabela 14. Produtividade de proteína da cultura do feijão comum em função da aplicação de N via solo e via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Produtividade de proteína			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(kg ha ⁻¹)			
N via solo (kg ha ⁻¹)				
0	524,2	331,2	486,1	447,2
45	547,3	421,2	502,9	490,5
90	561,1	440,1	542,3	514,5
180	592,9	501,5	577,7	557,4
Equação	(1)	(2)	(3)	(4)
N via foliar				
Testemunha	542,1a	359,3b	484,7b	462,0c
2,5 kg ha ⁻¹ N-UC	567,4a	421,7a	489,5ab	492,8bc
5,0 kg ha ⁻¹ N-UC	550,1a	422,4a	537,2ab	503,2ab
2,5 kg ha ⁻¹ N-UF	559,2a	457,5a	543,3ab	520,0ab
5,0 kg ha ⁻¹ N-UF	562,9a	456,8a	581,6a	533,8a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
N via solo (S)	0,023	<0,001	0,013	<0,001
Reg. Linear	0,002	<0,001	0,001	<0,001
Reg. Quadrática	0,821	0,030	0,820	0,149
N via foliar (F)	0,848	<0,001	0,024	<0,001
Interação S x F	0,981	0,640	0,999	0,845
CV (%)	12,5	14,5	17,6	7,9

UC: ureia comum; UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator N via foliar, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 525,052 + 0,464x$ $R^2 = 0,99$; ⁽²⁾ $y = 337,688 + 1,666x - 0,004x^2$ $R^2 = 0,97$; ⁽³⁾ $y = 483,068 + 0,650x$ $R^2 = 0,98$; ⁽⁴⁾ $y = 455,919 + 0,590x$ $R^2 = 0,97$.

A aplicação de N via foliar influenciou a produtividade de proteína nos cultivos realizados no ambiente II, III e na média (Tabela 14). No ambiente II os tratamentos que receberam N via foliar tiveram maior produtividade de proteína, e independentemente da fonte e da dose utilizada houve um incremento médio de 80 kg ha^{-1} (22%). No ambiente III apenas o tratamento que recebeu $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$ N-UF diferiu da testemunha, comparando-se os dois obteve-se acréscimo de 97 kg ha^{-1} (20%) na produtividade de proteína. Na média dos cultivos, o tratamento que recebeu $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$ N-UF teve maior produtividade de proteína diferindo de $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ N-UC e da testemunha, com acréscimo de 41 (8%) e 72 (16%) kg ha^{-1} , respectivamente.

Soratto et al. (2011) também verificaram que tanto a adubação nitrogenada de cobertura, quanto via foliar, aumentaram a produtividade de proteína nos grãos do feijoeiro comum. Já Gomes Júnior et al. (2005), mesmo tendo obtido aumento no teor de proteína dos grãos de feijão com o incremento das doses de N aplicadas em cobertura, não observaram alteração na produtividade de proteína.

6.2 Experimento II – Doses e épocas de aplicação de ureia-formaldeído via foliar

A população final de plantas não foi influenciada pelas doses e época de aplicação de UF via foliar em nenhum dos cultivos realizados e na média, e não houve interação entre os fatores (Tabela 15).

Verifica-se que nos ambientes II e III obteve-se menor população de plantas por hectare em relação ao I, mesmo sendo as semeaduras realizadas nas mesmas condições, isso pode ser atribuído ao menor poder de germinação e vigor das sementes e às condições de germinação e estabelecimento das plantas. Porém, mesmo sendo menor a população de plantas está dentro dos limites recomendados e não deve alterar a produtividade de grãos do feijoeiro (SOUZA et al., 2002), isso em função da capacidade de compensação dos componentes primários de produção que a cultura apresenta (ARF et al., 2011). Essa característica compensatória que a planta apresenta, explica a maior produção de MS no ambiente III em relação a I, quando se tinha maior população de plantas (Tabela 16).

Tabela 15. População final de plantas da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	População final de plantas			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(plantas ha ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	225.124	159.105	163.364	182.531
1,25	223.673	162.284	167.284	184.413
2,5	228.518	165.710	163.765	185.998
5,0	227.130	164.012	163.580	184.908
Equação	-	-	-	-
Época de aplicação				
V ₄	222.986a	162.708a	164.768a	183.488a
R ₅	229.491a	164.792a	164.792a	186.358a
R ₇	225.857a	160.833a	163.935a	183.542a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,875	0,876	0,967	0,897
Reg. Linear	0,628	0,559	0,901	0,621
Reg. Quadrática	0,839	0,579	0,822	0,566
Época de aplicação (E)	0,499	0,861	0,992	0,714
Interação D x E	0,568	0,999	0,999	0,924
CV (%)	6,8	12,6	13,3	6,11

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A matéria seca da parte aérea sofreu efeito da aplicação de diferentes doses de ureia-formaldeído no ambiente II e na média dos cultivos. Ambos apresentaram comportamento linear crescente, ou seja, quanto maior a dose de UF aplicada mais MS da parte aérea é produzida (Tabela 16). A época de aplicação não afetou esta variável.

Tabela 16. Matéria seca da parte aérea da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Matéria seca da parte aérea			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g planta ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	18,0	11,1	27,0	18,7
1,25	20,2	11,7	27,4	19,7
2,5	20,8	12,7	28,3	20,6
5,0	19,9	12,8	28,4	20,4
Equação	-	(1)	-	(2)
Época de aplicação				
V ₄	19,8a	12,3a	28,0a	20,0a
R ₅	19,5a	11,7a	26,9a	19,4a
R ₇	19,8a	12,2a	28,4a	20,1a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,387	0,123	0,647	0,079
Reg. Linear	0,334	0,033	0,254	0,039
Reg. Quadrática	0,154	0,334	0,642	0,107
Época de aplicação (E)	0,965	0,683	0,436	0,476
Interação D x E	0,994	0,712	0,991	0,944
CV (%)	20,6	16,2	11,7	9,5

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 11,337 + 0,3451x$ $R^2 = 0,79$; ⁽²⁾ $y = 19,159 + 0,3246x$ $R^2 = 0,62$.

O teor e a quantidade de N acumulada na parte aérea não sofreram efeito das doses de UF e épocas de aplicação, e não houve interação entre os tratamentos (Tabela 17 e 18). Almeida et al. (2000) e Chidi et al. (2002), também não verificaram efeito da aplicação de N via foliar, utilizando como fonte a ureia, sobre a MS da parte aérea e o teor de N nas folhas do feijoeiro.

Os resultados indicam que as doses de N aplicadas via foliar, podem não ter sido suficientes para proporcionar aumento no crescimento das plantas de feijão e na absorção do nutriente (Tabelas 16 e 17). Em todos os tratamentos inclusive na testemunha, que não recebeu N, os teores desse nutriente estão acima de 20 g kg⁻¹ (Tabela 17). Isso mostra que mesmo no tratamento testemunha provavelmente o solo e/ou a fixação biológica forneceram N suficiente para o seu desenvolvimento, atendendo a necessidade da cultura (ALMEIDA et al., 2000; CHIDI et al., 2002).

Observa-se que entre os três ambientes, o teor de N na parte aérea foi superior no ambiente II, porém, o N acumulado na parte aérea foi menor (Tabela 18). Isso ocorre porque a determinação do N acumulado da parte aérea leva em consideração a produção de MS da mesma e a população de plantas por hectare. Assim, apesar do maior teor de N, a menor produção de MS e população de plantas fez com que tivessem menores quantidades de N acumuladas na parte aérea.

Tabela 17. Teor de N na parte aérea da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Teor de N na parte aérea			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g kg ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	23,1	24,7	21,4	23,1
1,25	22,2	25,0	22,8	23,3
2,5	21,8	25,2	22,4	23,1
5,0	21,0	24,5	21,3	22,3
Equação	-	-	-	-
Época de aplicação				
V ₄	22,3a	24,8a	21,7a	23,0a
R ₅	21,5a	24,5a	21,7a	22,6a
R ₇	22,2a	25,3a	22,5a	23,3a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,283	0,938	0,646	0,562
Reg. Linear	0,059	0,861	0,707	0,240
Reg. Quadrática	0,709	0,543	0,267	0,446
Época de aplicação (E)	0,664	0,712	0,758	0,548
Interação D x E	0,719	0,925	0,820	0,757
CV (%)	11,9	11,1	15,0	8,3

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 18. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Quantidade de N acumulada na parte aérea			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(kg ha ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	92,6	43,6	93,7	76,6
1,25	99,6	47,0	103,7	83,4
2,5	102,9	52,6	104,1	86,5
5,0	96,5	51,9	98,7	82,4
Equação	-	-	-	-
Época de aplicação				
V ₄	99,0a	49,4a	100,3a	82,9a
R ₅	98,7a	47,3a	96,5a	79,9a
R ₇	98,7a	49,7a	103,4a	83,9a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,704	0,187	0,623	0,245
Reg. Linear	0,749	0,067	0,739	0,321
Reg. Quadrática	0,260	0,281	0,221	0,077
Época de aplicação (E)	0,911	0,812	0,679	0,616
Interação D x E	0,999	0,746	0,957	0,898
CV (%)	22,6	23,2	22,0	14,5

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A dose de UF aplicada teve efeito linear sobre o número de vagens por planta apenas na média dos cultivos realizados. Verifica-se que quanto mais N é aplicado, maior o número de vagens produzidas (Tabela 19). A época de aplicação não influenciou a variável e não houve interação entre os fatores estudados.

O número de grãos por vagem não sofreu influência da dose de UF e época de aplicação nos três cultivos realizados e na média (Tabela 20). Almeida et al. (2000), Chidi et al., (2002) e Soratto et al. (2011) não observaram aumento no número de vagens por planta e número de grãos por vagem de feijão com a adição de ureia. No entanto, Santos et al. (2009) obtiveram maior número destas variáveis com a adição de ureia até a concentração de 2% da calda.

Tabela 19. Número de vagens por planta da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Número de vagens por planta			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(no. planta ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	10,8	11,5	11,6	11,3
1,25	11,9	10,9	13,1	12,0
2,5	12,3	12,1	14,1	12,8
5,0	11,5	12,2	13,5	12,4
Equação	-	-	-	(1)
Época de aplicação				
V ₄	11,9a	11,0a	12,7a	11,8a
R ₅	11,5a	12,4a	13,2a	12,3a
R ₇	11,6a	11,8a	13,3a	12,2a
	Probabilidade (<i>P>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,321	0,357	0,366	0,056
Reg. Linear	0,484	0,202	0,223	0,047
Reg. Quadrática	0,086	0,805	0,198	0,065
Época de aplicação (E)	0,825	0,147	0,846	0,538
Interação D x E	0,992	0,675	0,999	0,977
CV (%)	17,3	16,6	26,2	10,9

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 11,662 + 0,2126x$ $R^2 = 0,51$.

Tabela 20. Número de grãos por vagem da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Número de grãos por vagem			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(no. vagem ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	5,0	4,0	4,9	4,7
1,25	4,9	4,1	4,9	4,6
2,5	4,9	4,1	4,9	4,6
5,0	4,9	4,1	4,9	4,6
Equação	-	-	-	-
Época de aplicação				
V ₄	4,9a	4,2a	4,9a	4,7a
R ₅	4,9a	4,1a	4,9a	4,6a
R ₇	4,9a	4,0a	4,9a	4,6a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,504	0,881	0,985	0,950
Reg. Linear	0,453	0,707	0,763	0,690
Reg. Quadrática	0,207	0,572	0,942	0,699
Época de aplicação (E)	0,949	0,112	0,972	0,769
Interação D x E	0,995	0,148	0,996	0,841
CV (%)	6,2	7,2	11,0	5,2

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de doses crescentes de ureia-formaldeído em diferentes épocas não causou efeito sobre a massa de 100 grãos e não houve interação entre os fatores (Tabela 21).

Almeida et al. (2000) e Chidi et al. (2002) não verificaram efeito da aplicação de N foliar sobre a massa de 100 grãos, já Santos et al. (2009) e Soratto et al. (2011), obtiveram resposta positiva sobre a variável. Segundo Soratto et al. (2011), principalmente quando não foi feita a adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar foi eficiente em aumentar a massa dos grãos. Esses incrementos foram maiores quando realizadas duas pulverizações: uma em pré-floração (R₅) e outra no início da formação de vagens (R₇).

Tabela 21. Massa de 100 grãos da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Massa de 100 grãos			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	26,9	24,5	26,2	25,9
1,25	26,9	24,8	26,2	25,9
2,5	26,8	24,8	26,1	26,0
5,0	26,5	24,7	26,7	26,0
Equação	-	-	-	-
Época de aplicação				
V ₄	26,5a	24,6a	25,9a	25,7a
R ₅	26,9a	24,9a	26,2a	26,0a
R ₇	26,9a	24,5a	26,8a	26,1a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,900	0,640	0,653	0,941
Reg. Linear	0,478	0,572	0,282	0,702
Reg. Quadrática	0,810	0,258	0,548	0,813
Época de aplicação (E)	0,726	0,186	0,117	0,078
Interação D x E	0,836	0,712	0,468	0,636
CV (%)	5,7	2,5	4,6	1,9

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de doses de UF via foliar proporcionou aumento na produtividade de grãos. A resposta foi quadrática em todos ambientes e na média dos cultivos, com exceção do ambiente II, que foi linear (Tabela 22). Nos ambientes I e III a maior produtividade foi obtida com a dose estimada de 2,9 kg ha⁻¹ de N-UF e na média dos cultivos 3,1 kg ha⁻¹. No ambiente II, cuja resposta foi linear, houve um aumento na produtividade de grãos de 193 kg ha⁻¹ (12%) quando comparado o tratamento que recebeu 5,0 kg ha⁻¹ de N-UF à testemunha. Não houve efeito da época de aplicação e interação entre fatores (Tabela 22).

Ambrosano et al. (1996), Almeida et al. (2000) e Chidi et al. (2002), também verificaram aumento na produção do feijoeiro em função da aplicação de N em cobertura via foliar. Soratto et al. (2011) verificaram que na ausência de adubação de cobertura via solo, a aplicação foliar em R₅ ou R₅ + R₇ aumentou a produtividade de grãos, proporcionando valores 36 e 40 % superiores aos obtidos no tratamento testemunha.

Tabela 22. Produtividade de grãos da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Produtividade de grãos			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(kg ha ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	2.728	1.574	2.353	2.219
1,25	2.891	1.605	2.697	2.398
2,5	3.075	1.731	2.819	2.542
5,0	2.867	1.767	2.599	2.411
Equação	(1)	(2)	(3)	(4)
Época de aplicação				
V ₄	2.930a	1.619a	2.510a	2.353a
R ₅	2.946a	1.740a	2.659a	2.448a
R ₇	2.794a	1.648a	2.682a	2.375a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,088	0,179	0,005	<0,001
Reg. Linear	0,322	0,041	0,119	0,015
Reg. Quadrática	0,023	0,640	0,001	0,001
Época de aplicação (E)	0,349	0,368	0,230	0,280
Interação D x E	0,764	0,971	0,664	0,816
CV (%)	11,1	14,9	11,5	7,2

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 2710,6 + 231,2x - 39,753x^2$ $R^2 = 0,94$; ⁽²⁾ $y = 1579,2 + 41,166x$ $R^2 = 0,87$; ⁽³⁾ $y = 2358,5 + 329,48x - 56,349x^2$ $R^2 = 0,99$; ⁽⁴⁾ $y = 2210,4 + 210,87x - 34,036x^2$ $R^2 = 0,98$.

A PRGP foi influenciada pelas doses de UF aplicadas no cultivo realizado no ambiente II, apresentando comportamento quadrático inverso (Tabela 23). Neste cultivo, o tratamento que recebeu 5,0 kg ha⁻¹ de N via foliar na forma de ureia-formaldeído teve maior PRGP. Apesar de não ser significativo, observou-se a mesma tendência nos cultivos realizados no ambiente I e também na média. Não houve efeito das épocas de aplicação e interação entre fatores. Soratto et al. (2011) verificaram que a aplicação de N foliar no estádio R₇ ou em R₇ + R₅, nos tratamentos que não receberam N via solo, proporcionaram grãos de maior qualidade.

Tabela 23. Produção relativa de grãos retidos em peneira (PRGP) da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	PRGP			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	7,85	7,11	6,85	7,27
1,25	7,71	6,86	7,04	7,20
2,5	7,72	6,81	6,95	7,16
5,0	7,94	7,29	6,95	7,40
Equação	-	(1)	-	-
Época de aplicação				
V ₄	7,75a	7,02a	6,91a	7,23a
R ₅	7,86a	7,00a	6,93a	7,26a
R ₇	7,81a	7,04a	7,00a	7,28a
		Probabilidade (<i>P>F</i>)		
Doses de UF (D)	0,310	0,078	0,879	0,142
Reg. Linear	0,365	0,232	0,813	0,179
Reg. Quadrática	0,102	0,020	0,601	0,058
Época de aplicação (E)	0,686	0,978	0,898	0,821
Interação D x E	0,380	0,698	0,642	0,985
CV (%)	4,4	7,1	8,3	3,5

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 7,112 - 0,070x + 0,004x^2$ $R^2 = 1,00$.

O rendimento de peneiras foi afetado pelas diferentes doses de UF aplicadas no ambiente II, mas as épocas de aplicação não tiveram efeito significativa e não houve interação entre fatores em nenhum dos cultivos (Tabela 24). A resposta foi quadrática inversa no cultivo realizado no ambiente II e o tratamento que recebeu a maior dose do produto (5,0 kg ha⁻¹ de N-UF) apresentou maior rendimento de peneiras que os demais. Soratto et al. (2011) constataram que apesar de ter aumentado a massa de 100 grãos e a porcentagem de grãos retidos nas peneiras, a aplicação de N via foliar não teve influência sobre o rendimento de peneiras.

Tabela 24. Rendimento de peneiras da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Rendimento de peneiras			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(%)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	87,3	80,1	75,4	80,9
1,25	83,5	76,6	77,4	79,2
2,5	83,8	77,5	75,5	78,9
5,0	83,7	83,3	75,9	81,0
Equação	-	(1)	-	-
Época de aplicação				
V ₄	84,7a	78,9a	75,8a	79,8a
R ₅	85,1a	79,3a	75,2a	79,9a
R ₇	83,9a	79,8a	77,2a	80,3a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,182	0,032	0,869	0,256
Reg. Linear	0,150	0,069	0,929	0,756
Reg. Quadrática	0,146	0,019	0,793	0,051
Época de aplicação (E)	0,791	0,892	0,659	0,877
Interação D x E	0,782	0,737	0,644	0,983
CV (%)	5,7	7,2	8,5	4,0

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 79,85 - 2,9876x + 0,7389x^2$ $R^2 = 0,97$.

O teor de proteína bruta nos grãos da cultura do feijão não foi afetado pela dose e época de aplicação da UF, e não houve interação entre os tratamentos (Tabela 25). Soratto et al. (2011) observaram efeito positivo da aplicação de N via foliar em diferentes épocas sobre o teor de proteína nos grãos de feijoeiro. Os autores verificaram que a adubação com N via foliar elevou os teores de proteína bruta nos grãos, e que com aplicação nos estádios R₅ + R₇ é possível obter teores semelhantes aos obtidos com a aplicação de 45 ou 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura via solo.

Tabela 25. Teor de proteína nos grãos da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Teor de proteína nos grãos			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(g kg ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	191,0	213,1	216,5	206,8
1,25	186,0	221,1	211,6	206,2
2,5	187,4	228,7	224,0	213,4
5,0	187,3	225,0	215,2	209,2
Equação	-	-	-	-
Época de aplicação				
V ₄	182,5a	224,0a	218,6a	208,4a
R ₅	191,6a	214,6a	215,0a	208,1a
R ₇	189,6a	227,3a	213,9a	210,3a
	Probabilidade (<i>P</i> > <i>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,788	0,485	0,431	0,457
Reg. Linear	0,610	0,261	0,869	0,476
Reg. Quadrática	0,508	0,293	0,483	0,376
Época de aplicação (E)	0,111	0,353	0,746	0,852
Interação D x E	0,491	0,828	0,771	0,711
CV (%)	6,7	11,4	8,6	5,7

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de proteína sofreu efeito da aplicação de diferentes doses de UF no cultivo realizado no ambiente II, III e na média (Tabela 26). No ambiente II a resposta foi linear, ou seja, a produtividade de proteína aumentou com o aumento das doses de UF aplicadas. No ambiente III e na média dos cultivos a produtividade de proteína teve resposta quadrática à aplicação de diferentes doses de UF. O maior valor foi obtido na dose estimada de 2,9 kg ha⁻¹ no ambiente III e 3,1 kg ha⁻¹ na média dos cultivos. O aumento na produtividade de proteína é reflexo basicamente do efeito proporcionado pela produtividade de grãos.

Soratto et al. (2011), também constataram aumento na produtividade de proteína com aplicação de N via foliar, sendo que a produtividade de proteína foi superior à testemunha, quando a aplicação de N foi realizada em R₅ e em R₅ + R₇.

Tabela 26. Produtividade de proteína da cultura do feijão comum em função de doses e épocas de aplicação de N-ureia-formaldeído via foliar. Botucatu, SP.

Tratamento	Produtividade de proteína			
	Ambiente I	Ambiente II	Ambiente III	Média
	(kg ha ⁻¹)			
Dose de N-UF (kg ha ⁻¹)				
0	453,9	293,2	444,2	397,1
1,25	467,5	307,8	494,8	423,4
2,5	500,7	344,2	548,7	464,6
5,0	469,6	345,6	488,4	434,5
Equação	-	(1)	(2)	(3)
Época de aplicação				
V ₄	466,1a	314,4a	478,6a	419,7a
R ₅	492,1a	327,4a	505,6a	441,7a
R ₇	460,6a	326,3a	497,9a	428,3a
	Probabilidade (<i>P>F</i>)			
Doses de UF (D)	0,403	0,094	0,025	0,001
Reg. Linear	0,534	0,025	0,201	0,017
Reg. Quadrática	0,162	0,348	0,007	0,002
Época de aplicação (E)	0,389	0,793	0,611	0,269
Interação D x E	0,988	0,955	0,962	0,991
CV (%)	14,5	18,6	15,9	8,8

UF: ureia-formaldeído (Coron[®]). Médias seguidas por letras distintas, na coluna dentro do fator época de aplicação, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 298,76 + 10,944x$ $R^2 = 0,79$; ⁽²⁾ $y = 439,35 + 69,582x - 11,889x^2$ $R^2 = 0,95$; ⁽³⁾ $y = 392,81 + 41,947x - 6,6647x^2$ $R^2 = 0,90$.

7 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada via solo aumentou a matéria seca das plantas, o teor e acúmulo de N na parte aérea, o número de vagens por planta, a produtividade de grãos e o teor e produtividade de proteína na cultura do feijão comum.

Independentemente da adubação nitrogenada via solo, o fornecimento de N via foliar aumentou a produtividade de grãos e proteína, sendo a ureia-formaldeído (Coron[®]) ligeiramente mais eficiente que a ureia comum.

A aplicação de ureia-formaldeído aumentou a produção da matéria seca das plantas, o número de vagens por planta e a produtividade de grãos e proteína, independente do estágio em que foi realizada a pulverização nas folhas.

As maiores produtividades de grãos foram obtidas com a aplicação de doses entre 3,1 e 5,0 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia-formaldeído.

O tamanho dos grãos não foi afetado pela aplicação de N via foliar.

8 REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho.** 2009. 200 f. Tese (Doutorado Ciência do Solo/ Biodinâmica e Manejo do Solo)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

AIDAR, H. Características da cultura. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijoeiro comum.** Goiânia, 2007. (Sistema de produção). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

ALMEIDA, C. et al. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 293-296, 2000.

ALVES, V. G. **Resposta do feijoeiro a doses de nitrogênio no plantio e cobertura e à inoculação de sementes com rizóbio.** 2002. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2002.

AMBROSANO, E. J. et al. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, p. 338-341, 1996.

AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, n. 100, p. 187-203, 1997. 2. ed.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, p. 499-508, 1998.

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 Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, out./dez. 2005.

ARF, M. V. et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 430-438, jul./set. 2011.

ARF, O. et al. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.131-138, fev. 2004.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. **Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1-8. (Circular Técnica, 70).

BARBOSA, G. F. et al. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, p. 117- 123, 2010.

BINOTTI, F. F. S. et al. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 473-481, 2009.

BOARETTO, A. D. et al. Adubação do feijoeiro: Fontes de nitrogênio, concentração da solução e horários de aplicação. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 60, p. 117-123, 1985.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S., A Cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. ; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa : Ed. UFV, 2008. 600 p.

CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 2067-2073, out. 2010.

CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CARVALHO, W. A. et al. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP, Botucatu**, n. 1, 1983. 95 p.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 617-624, 2001.

CHIDI, S. N. et al. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, p. 1391-1395, 2002.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4- Safra 2015/16 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, janeiro 2016. ISSN 2318-6852. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf. Acesso em: 04 fev. 2016.

COSTA, R. C. L. **Efeito de níveis de água e de doses de nitrogênio sobre o crescimento, morfologia, partição de assimilados e troca de CO₂ em *Phaseolus vulgaris* L.** 1986. 90 p. Tese (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1986.

CRUSCIOL, C. A. C et al. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, p. 108-115, 2003.

CUNHA, P. C. R. DA et al. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 80-86, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Feijão**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412 p.

FAGERIA, N. K.; SOUZA, N. P. Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 359-368, 1995.

FANCELLI, A. L.; TSUMANUMA, G. M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T. et al. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, IPNI, 2007. p. 445-486.

FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 307-312, 2006.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 165-172, 2010.

FERREIRA, A. C. B. et al. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.

FIORENTIN, C. F. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno/primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2825-2836, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
Production: Crops. Roma, Itália. Disponível em: <<http://http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

FRANCO, E. et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio na semeadura e cobertura no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 427-434, 2008.

GOMES JUNIOR, F. G. et al. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 455-459, 2005.

GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, p. 34-44, 2010.

KANEKO, F. H. et al. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 125-133, 2010.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 63 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 188).

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.

MACHADO, J. R. et al. **Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Estudo de épocas de aplicação de nitrogênio**. Turrialba, v. 32, p. 417-422, 1982.

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

MEIRA, F. DE A. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 383-388, 2005.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Worblaufen Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MINGOTTE, F. L. C et al. Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 696-706, 2014.

OLIVEIRA, I. P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S. et al. (Coords.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba. Potafós, 1996. p.169-221.

PEOPLES, M. B.; CRASWELL, E. T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.141, p.13-39, 1995.

PIASKOWSKI, S. R. et al. Adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro em plantio direto na palha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 2, p. 67-72, 2001.

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

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

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

ROSOLEM, C. A. et al. Absorção de ureia via foliar pelo algodoeiro em função do pH da solução. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 491-497, 1990.

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

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E. Adubação foliar do feijoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2., Botucatu, 1987. **Anais...** Campinas, Fundação Cargill, 1987. p. 449-512.

SANTOS, A. B. et al. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1265-1271, 2003.

SANTOS, J. F.; BRITO, G. H.; SANTOS, M. C. C. A. Componentes de produção do feijoeiro-comum em função de concentrações de ureia com fertilização foliar. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 169-179, 2009.

SANTOS, S. DE M. C. DOS; FERNANDES, D. M.; ANTONAGELO, J. A. Fontes e doses de nitrogênio na nutrição, produção e qualidade de grãos do feijoeiro comum. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 5, p. 69-82, 2016.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 71, p. 1-49, 2001.

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

SILVEIRA, P. M. da; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1269-1276, nov. 1993.

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 211-218, 2005.

SORATTO, R.P. et al. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1027-1042, 2013.

SORATTO, R. P. et al. Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, p. 223-228, 2006.

SORATTO, R. P. et al. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2019-2028, 2011.

SOUZA, A. B. et al. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TRENKEL, M. E. **Improving fertilizer use efficiency**: controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1997. 123 p.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010, 167 p.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C. et al. (Coord.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 123-152.

WIEN, H. C. et al. ^{14}C -assimilate distribution in *Phaseolus vulgaris* L. during the reproductive period. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, p. 510-513, 1976.

YOKOYAMA, L. P. et al. **Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão Pérola**: avaliação preliminar. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 20 p. (Documentos, 98).