

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE
DO FEIJOEIRO**

SUSIANE DE MOURA CARDOSO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP
FEVEREIRO - 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE
DO FEIJOEIRO**

SUSIANE DE MOURA CARDOSO

Orientador: Dirceu Maximino Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP
FEVEREIRO - 2011

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

C268f Cardoso, Susiane de Moura, 1986-
Fontes e doses de nitrogênio na nutrição, produção e
qualidade do feijoeiro / Susiane de Moura Cardoso. -
Botucatu : [s.n.], 2011
ix, 65 f. : il. color.; gráfs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,
2011
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Adubação de plantas. 2. Clorofilog. 3. Nitrogênio
na agricultura. 4. *Phaseolus vulgaris* L. I. Fernandes,
Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO, PRODUÇÃO E
QUALIDADE DO FEIJOEIRO**

ALUNA: SUSIANE DE MOURA CARDOSO

ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO



PROF^a DR^a ROSEMARY MARQUES DE ALMEIDA BERTANI

Data da Realização: 25 de fevereiro de 2011.

DEDICO

Aos meus pais

Severino Faustino Cardoso
Benedita Maria de Moura Cardoso

Aos meus irmãos

Sandro Rogério de Moura Cardoso
Silvaneide de Moura Cardoso Moro
Sidney de Moura Cardoso
Silas de Moura Cardoso

Ao meu namorado

Raphael Alves dos Santos

Por toda ajuda, compreensão, apoio, amor, carinho, companheirismo e confiança depositados
em mim.

AGRADECIMENTOS

- À Deus por minha vida e determinação para buscar meus objetivos, e por estar sempre ao meu lado para me erguer nos momentos de queda.
- Aos meus pais Severino Faustino Cardoso e Benedita Maria de Moura Cardoso, por todo amor, apoio e confiança depositados em mim.
- Aos irmãos Sandro, Silvaneide, Sidney e Silas por todo carinho e força.
- Ao Professor Dr. Dirceu Maximino Fernandes, não somente pela orientação, pois em muitos momentos foi mais que um orientador para mim, sempre com bons conselhos, como também por toda sua ética, profissionalismo, confiança, compreensão, amizade, e muita paciência.
- Ao meu namorado Raphael Alves dos Santos, pois mesmo quando distante esteve sempre ao meu lado, me apoiando, me amando e me incentivando a dar o melhor de mim.
- À Renatinha e Alessandra que me acolheram com carinho e de portas abertas quando aqui cheguei e com elas aprendi muito sobre essa vida longe de casa.
- Às minhas amigas que se tornaram minha família aqui em Botucatu, Danila Monte Conceição, Simone Fernandes Ciavatta, Marina Bragion Fiamengui, Patrícia Leite

Cruz e Idiana Marina Dalastra, não apenas companheiras de república, mas sim grandes amigas, quase irmãs, pelo convívio diário, alegrias e também nos momentos de saudade.

- Aos todos meus amigos que de uma maneira ou de outra contribuíram para a conclusão deste, Aline Sandim, Leandro, Diógenes, Camila Braga, Renata, Adalton e Ricardo.
- Aos amigos do grupo de oração Divina Misericórdia pelo carinho e caminhada no amor de Deus.
- A todos os professores e funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Área Ciência dos Solos.
- A todos os professores e funcionários Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura.
- A Fundunesp pelo auxílio concedido para desenvolvimento do projeto.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida durante o curso.
- A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
1. RESUMO	12
2. ABSTRACT	14
3. INTRODUÇÃO	16
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1 Aspectos gerais da cultura do feijoeiro comum.....	18
4.2 Nitrogênio no solo e na planta do feijoeiro	20
4.3 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada	23
4.4 Perda de nitrogênio por volatilização de amônia.....	25
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1 Localização do experimento e dados climatológicos	27
5.2 Características do solo	27
5.3 Delineamento experimental.....	28
5.4 Características do cultivar	29
5.5 Instalação e condução do experimento	29
5.6 Perda de nitrogênio por volatilização de amônia.....	30
5.7 Variáveis avaliadas na cultura do feijão	31
5.7.1 Diagnose foliar	31
5.7.2 Índice relativo de clorofila.....	31
5.7.3 Componentes de produção	31
5.7.3.1 Número de vagens por planta	31
5.7.3.2 Número de grãos por planta	32
5.7.3.3 Número de grãos por vagem.....	32
5.7.3.4 Massa de 100 grãos	32
5.7.3.5 Massa dos grãos por planta.....	32
5.7.4 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras.....	32
5.7.5 Componentes nutricionais dos grãos de feijão	32
5.7.5.1 Acúmulo de nutrientes nos grãos.....	32
5.7.5.2 Teor de proteína nos grãos	33
5.7.6 Capacidade de hidratação dos grãos.....	33
5.8 Análise estatística	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1 Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia	34
6.2 Diagnose foliar	37
6.3 Índice relativo de clorofila.....	42
6.4 Componentes de produção	44
6.5 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras.....	49
6.6 Componentes nutricionais dos grãos de feijão	50
6.6.1 Acúmulo de nutrientes nos grãos de feijão.....	50
6.6.2 Teor de proteína nos grãos	53
6.7 Capacidade de hidratação	55
REFERÊNCIAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química do solo. Botucatu-SP 2010.	28
Tabela 2. Teores médios de macronutrientes em folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	37
Tabela 3. Teores médios de micronutrientes em folhas de feijão em função das doses e fontes de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	40
Tabela 4. Teor de nitrato nas folhas de feijão em função das doses e fontes de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	41
Tabela 5. Índice relativo de clorofila (clorofiLOG) e N total em folha diagnose do feijoeiro em função das fontes e doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.	42
Tabela 6. Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100) e rendimento de grãos por planta (RGP) de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	45
Tabela 7. Acúmulo de N, P, K, Mg e S nos grãos de feijão função das fontes e doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.	50
Tabela 8. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de feijão função das fontes e doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.	52
Tabela 9. Teor de proteína nas folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento. Botucatu/SP, 2010.....	28
Figura 2. Aspecto visual dos coletores e disposição nos vasos. Botucatu/SP, 2010.....	30
Figura 3. Perdas de amônia por volatilização (mg vaso) em função da aplicação de 100 mg dm ⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.	35
Figura 4. Perdas de amônia por volatilização (mg vaso) em função da aplicação de 200 mg dm ⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2011.	36
Figura 5. Perdas de amônia por volatilização (mg vaso) em função da aplicação de 300 mg dm ⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.	36
Figura 6. Teor médio de N, Ca e Mg (g kg ⁻¹) em folhas de feijão em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	38
Figura 7. Teor médio de P e S, (g kg ⁻¹) em folhas de feijão em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	39
Figura 8. Teor médio de B e Mn, (g kg ⁻¹) em folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	40
Figura 9. Teor médio de Cu e Zn, (g kg ⁻¹) em folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.	41
Figura 10. Teores médios de N total e clorofila nas folhas do feijoeiro em função das doses N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.	43
Figura 11. Teores médios de N total em folha diagnose do feijoeiro em função das doses N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.	44
Figura 12. Número de vagens por planta de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	46
Figura 13. Número médio de grãos por vagem de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	47
Figura 14. Número médio de grãos por planta de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	47
Figura 15. Massa de 100 grãos de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	48
Figura 16. Massa de grãos por planta de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	49
Figura 17. Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 14(A), 12(B), em função de doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.....	50
Figura 18. Acúmulo de N, P, K, Mg e S nos grãos de feijão função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	51
Figura 19. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de feijão função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	53
Figura 20. Teor de proteína nos grãos de feijão função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.....	55
Figura 21. Água absorvida (ml) por grãos de feijão em função da aplicação de doses crescentes de N. Botucatu/SP, 2010.	56
Figura 22. Água absorvida (ml) pelos grãos de feijão durante 12 horas, em função da aplicação de 100mg dm ⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.	56

- Figura 23.** Água absorvida (ml) pelos grãos de feijão durante 12 horas, em função da aplicação de 200mg dm^{-3} de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010. **57**
- Figura 24.** Água absorvida (ml) pelos grãos de feijão durante 12 horas, em função da aplicação de 300mg dm^{-3} de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010. **57**

1. RESUMO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande importância para a dieta diária dos brasileiros por sua rica composição. O feijão possui uma ampla adaptação aos mais variados climas mesmo sendo sensível a condições extremas de ambiente. Possui alta exigência em minerais e principalmente em nitrogênio, sendo este o nutriente mais exigido e absorvido pela planta do feijoeiro, o qual influencia diretamente na produção de grãos por fazer parte da formação de proteínas. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das fontes e doses de nitrogênio na nutrição e produção do feijoeiro, bem como na qualidade dos grãos produzido e quantificar N-NH₃ volatilizado das fontes nitrogenadas utilizadas. O experimento foi conduzido em um túnel plástico do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo, FCA/UNESP, Botucatu/SP, utilizando-se vasos com capacidade de 40 litros de solo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com dezesseis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de três doses de N adicionados em cobertura ao feijoeiro via solo (100, 200 e 300 mg dm⁻³), e cinco fontes de N (uréia, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de amônio e fertilizante organomineral: co-produto do glutamato monossódico), além de uma testemunha sem adubação nitrogenada em cobertura. Os maiores teores de N nas folhas de feijão foram obtidos com a maior dose utilizada 300 mg dm⁻³ de N aplicado no solo, e as fontes que proporcionaram maiores teores foram sulfato de amônio e ajifer. As diferentes fontes de N utilizadas modificaram os teores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn e o aumento das doses de N promoveu incremento nos teores de Ca, Mg, B, Cu, e Mn. Modificaram também os componentes de produção, os quais não foram influenciados

pelas diferentes fontes de N utilizadas. Os índices relativos de clorofila, determinados na folha de feijão, se correlacionaram positivamente com os teores de N total. Grãos de feijão oriundos de plantas bem nutridas e adubadas com N em cobertura, apresentam maior tamanho. Grãos de feijão oriundos de plantas bem nutridas e adubadas com N em cobertura, apresentam maior tamanho e maior teor de proteína. As maiores perdas de amônia por volatilização ocorreram na segunda época de aplicação para as fontes ajifer, uréia e nitrato de amônio. A partir de 1 hora e 30 minutos de hidratação dos grãos, observou-se que quanto maior a dose de N aplicada menor a quantidade de água absorvida.

SOURCES AND RATES OF NITROGEN IN NUTRITION, PRODUCTION AND QUALITY OF COMMON BEAN. Botucatu, 2011. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SUSIANE DE MOURA CARDOSO

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2. ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), because of its rich nutritional composition, it has considerable importance to Brazilians daily diet. Bean has a wide adaptation to a variety of climates even being sensitive to extreme environment conditions. It has high demand in minerals and especially in nitrogen, which is the most required nutrient and the most absorbed by the bean plant; the nitrogen has a direct influence in the production of the grain, aimly for being part of the synthesis of proteins. Thus the objective of this study was to evaluate the effect of the nitrogen sources and its dosages on nutrition, yield and the quality of the bean grains and quantify the volatilization of nitrogen sources used. The experiment was carried out in a plastic tunnel of the Department of Natural Resources / Soil Science, FCA / UNESP, Botucatu, using 40 liters vessels. The experimental design was randomized in blocks with sixteen treatments and five repetitions. The treatments consisted of three rates of N added on covering in the soil (100, 200 and 300 mg dm⁻³), five N sources (urea, ammonium sulphate, calcium nitrate, ammonium nitrate and biofertilizer : co-product of monosodium glutamate), and the control without nitrogen on covering. The highest levels of N were obtained with the higher dose 300 mg dm⁻³ N applied to soil, and the sources that provided the highest levels were ammonium sulfate and Ajifer. Different nitrogen sources have modified the Ca, Mg, Cu and Mn and increased rates of N increase in Ca, Mg, B, Cu, Mn and Zn. Also modified the components of production, which were not affected by different nitrogen sources. Indices of chlorophyll in the leaf of some beans, positively correlated with total N content. Beans from plants well nourished and fertilized with nitrogen in a higher size. Beans from plants well nourished and fertilized with nitrogen in size and have higher protein content. The largest losses of ammonia volatilization occurred in the second application period for Ajifer sources, urea and ammonium nitrate. From 1 hour and 30 minutes of

hydration of the grains, it was observed that the higher the rate of nitrogen applied less the amount of water absorbed.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L.; fertilization; nitrogen; chlorophyll.

3. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de justificada importância na economia brasileira não somente por questões sociais, mas, por fazer parte da dieta da maioria dos brasileiros, como excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, ser rico em ferro, e também por ser uma alternativa de exploração econômica para propriedades rurais, inclusive as pequenas. A proteína do feijão é rica no aminoácido essencial lisina, porém pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, essenciais ao homem. Os cereais são pobres em lisina, mas ricos em aminoácidos sulfurados, o que torna a tradicional dieta brasileira, arroz com feijão, complementar em termos de aminoácidos.

Possui um ciclo relativamente curto e por tal motivo há possibilidade de se cultivar mais de um ciclo durante o ano, e seu sistema radicular é pouco profundo, logo é muito exigente em nutrientes. Dentre os nutrientes, o estudo do nitrogênio (N) é fundamental para a cultura do feijoeiro. Por ser um elemento de alta mobilidade no sistema solo-planta-atmosfera, pode ser perdido facilmente por volatilização ou lixiviação e, além disso, os adubos nitrogenados têm baixa eficiência e alto custo de sintetização, o que permite considerar que sua utilização sem critério, além de elevar o custo do produto final, pode contaminar o ambiente. A acentuada disponibilidade de N a planta de feijão resulta no alongamento da fase vegetativa o que acarreta perda significativa no potencial de produção.

O manejo preciso da adubação beneficia o meio ambiente, por causar menores níveis de acidificação do solo, eutroficação das águas, poluição do lençol freático e salinização de áreas. Beneficia também vários segmentos da sociedade: o produtor, pela maior produtividade e maior margem de lucro; os agentes técnicos, pela maior eficácia dos insumos vendidos e, finalmente, os consumidores, pelas melhores características organolépticas dos produtos e, provavelmente, pelos menores preços. Visando o fortalecimento da cadeia produtiva do feijão, torna-se cada vez mais importante a necessidade de técnicas agronômicas objetivando ganhos em produtividade, mas também a obtenção de um produto com características tecnológicas desejáveis, principalmente com teor adequado de proteína bruta e alta capacidade de hidratação.

A pesquisa com fontes de N vem de encontro com a necessidade de disponibilização do N para a nutrição da planta de feijão, de forma gradual e evitando perdas. Dessa forma, são necessários estudos que possibilitem a redução das perdas, aumentando a eficiência de utilização do N e, conseqüentemente, a produtividade da cultura do feijoeiro, bem como a qualidade dos grãos produzidos.

Objetivou-se avaliar o efeito das fontes e doses de N na nutrição e produção do feijoeiro, bem como na qualidade dos grãos produzidos e quantificar N-NH_3 volatilizado das fontes nitrogenadas utilizadas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos gerais da cultura do feijoeiro comum

O feijoeiro comum, pertencente à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero *Phaseolus*. Considerando todos os gêneros e espécies englobados como feijão nas estatísticas da FAO, este envolve cerca de 107 países produtores em todo o mundo (YOKOYAMA, 2003), os quais contribuem com 95% da produção mundial de feijões, destacando-se a Índia, o Brasil, a China, os Estados Unidos e o México, dos quais o Brasil é o maior produtor, seguido pelo México (BONETT et al., 2007).

O Brasil apresenta muitos contrastes na agricultura, ao mesmo tempo em que se desponta como uma das maiores potências agrícolas mundiais, é um país onde grande parte da população tem graves problemas de acessibilidade aos alimentos. A cultura do feijão comum é um dos alimentos mais tradicionais na alimentação e culinária diária brasileira, por ser de justificada importância na economia não somente por questões sociais, mas, por fazer parte da dieta da maioria dos brasileiros como excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, e ser rico em ferro, e também por ser uma alternativa de exploração econômica em diversos sistemas de produção para propriedades rurais, inclusive as pequenas. O país apresenta uma produtividade média em torno de 1.000 kg ha⁻¹ e

o consumo médio de 16 kg por habitante por ano, porém esse consumo médio tem diminuído ao longo dos anos. Os economistas afirmam que o produto tem elasticidade de renda negativa, ou seja, à medida que a renda do consumidor aumenta o consumo do produto diminui. Outros, ainda, apontam a dificuldade de preparo caseiro e o tempo de cocção que se contrapõem à necessidade de redução do tempo de trabalho doméstico. Além disso, há maior número de pessoas fazendo suas refeições fora do lar e a substituição do feijão por outras fontes de proteína (FERREIRA et al., 2002; 2006).

O feijoeiro encontra em todo o Estado de São Paulo condições climáticas favoráveis a seu desenvolvimento e produção. Apresenta ciclos relativamente curtos variando entre 65 a 100 dias, e por não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo há possibilidade de ser cultivado em até três épocas no mesmo ano agrícola, sendo a primeira época de cultivo chamada feijão “das águas”, responsável por aproximadamente 50% da área plantada, representando 45% da produção nacional e com produtividade média de 560 kg ha⁻¹, feijão da seca (safrinha), e feijão de inverno (terceira safra) (AIDAR, 2003; YOKOYAMA, 2000). No estado de São Paulo a produção na safra 2009/10 foi de 318,6 mil toneladas, tendo como produtividade no mesmo período 1.764 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011).

Sob o ponto de vista nutricional, o feijão apresenta teores significativos de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais e fibra e apresenta baixo conteúdo de gordura e de colesterol, por isso ele é considerado de alta qualidade nutricional e funcional tornando assim o seu consumo vantajoso. O feijão é alimento de origem vegetal, considerado um substituto da proteína animal por possuir baixo teor de gordura e sódio e não conter nenhum colesterol, além de ser um acumulado de proteínas, complexo de carboidratos, vitaminas do complexo B, minerais e apresenta maior teor de fibra alimentar quando comparado aos cereais (trigo, arroz e milho) e a várias hortaliças (PAULA, 2004; LONDERO et al., 2008).

Sgarbieri et al. (1979) determinaram a faixa percentual de cada componente da composição centesimal nos grãos de feijão, sendo 22 a 26% de proteína; 62 a 67% de carboidratos; 3,8 a 4,5% de cinzas; 1,0 a 2,0% de lipídios; e 3,8 a 5,7% de fibra bruta. Já Sathe et al. (1984) descreveram a porcentagem das vitaminas e dos minerais encontradas no feijão tendo em vista as necessidades diárias desses, sendo as vitaminas: 10 a 12 % de piridoxina, 25% de tiamina, 30% de ácido fólico e 10% de niacina e riboflavina; e os

minerais: 10% de cálcio e zinco, 20% de potássio e cobre, 20 a 25 % de fósforo, magnésio e manganês, e 29 e 55% de ferro para mulheres e homens, respectivamente.

O grão de feijão apresenta conteúdo protéico aproximado de 25% e quando ingerido isoladamente, o valor biológico de sua proteína, em relação ao leite ou à carne é baixo, devido à sua baixa digestibilidade e ao reduzido teor e biodisponibilidade de aminoácidos sulfurados (EVANS; BAUER, 1978). A proteína do feijão é rica no aminoácido essencial lisina, porém pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, essenciais ao homem. Os cereais são pobres em lisina, e ricos em aminoácidos sulfurados, o que torna a tradicional dieta brasileira, arroz com feijão, em proporções adequadas, um alimento com teor protéico de alto valor biológico (SGARBIERI, 1987; BRESSANI, 1989).

4.2 Nitrogênio no solo e na planta do feijoeiro

Embora o N seja um dos elementos mais difundidos na natureza, não é um constituinte comum das rochas terrestres, devido à elevada solubilidade dos sais nitrogenados. É encontrado apenas em depósitos de sais localizados no Chile, Bolívia e Peru (salitre do Chile – NaNO_3) ou nos desertos da Índia, Pérsia e Egito (salitre de Bengala- KNO_3). No solo, o N ocorre em três formas principais: N orgânico (integrante da matéria orgânica do solo e não disponível para as plantas), N amoniacal fixado pelos materiais argilosos (muito lentamente disponível para as plantas) e íons de amônio e nitrato ou compostos solúveis (o N que as plantas usam) (KIKUTI, 2004).

Ainda que a matéria orgânica seja a principal fonte de N ao solo, a atmosfera também pode fornecer N ao solo por três tipos de processos: a) fixação biológica (não simbiótica ou simbiótica, como nas leguminosas); b) fixação por oxidação natural (formação de NO_3^- pelas descargas elétricas dos relâmpagos e posterior transporte pluvial até o solo); e c) indiretamente, pela fixação industrial por meio da fabricação de fertilizantes a partir da síntese da amônia (LOPES, 1989).

Os solos, em sua maioria, não fornecem adequadamente quantidade de N durante certas fases de desenvolvimento das plantas, em parte devido à elevada demanda e também às transformações bioquímicas que o N está sujeito no solo e que podem alterar significativamente a sua disponibilidade (ACOSTA, 2009).

Entre os nutrientes, geralmente o N é o que tem maior efeito no crescimento das plantas, sendo que sua disponibilidade estimula o desenvolvimento e a atividade radicular, incrementando a absorção, não somente de N, mas também de outros nutrientes (OLSON; KURTZ, 1982; YANAI et al., 1996). Ele atua na planta como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de possuir importante função como integrante da molécula de clorofila (BÜLL, 1993).

A sua disponibilidade frequentemente limita o crescimento das plantas sendo que este elemento faz parte da estrutura de um grande número de moléculas importantes para as células. Exemplos importantes são os aminoácidos, as proteínas estruturais e enzimáticas, ácidos nucléicos (DNA e RNA) e clorofilas. O próprio processo fotossintético é significativamente afetado pela deficiência de N, uma vez que seu funcionamento depende de proteínas como a rubisco, proteínas dos fotossistemas. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho e consequentemente redução da produção econômica das sementes (OLIVEIRA et al., 2003).

Sendo o quarto elemento mais abundante na planta, o N perde apenas para o carbono, hidrogênio e oxigênio; considerado fundamental no metabolismo das plantas, é utilizado na síntese de proteínas e outros compostos orgânicos, tais como aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas. Desta forma, está comprovada a relação entre o teor de N e o crescimento das plantas. Um dos principais sintomas da deficiência do N é o amarelecimento ou clorose das folhas, devido à inibição da síntese de clorofila, o que resulta, principalmente, na diminuição da fotossíntese e, consequentemente, na síntese de aminoácidos essenciais. Além disso, sua ausência limita o crescimento vegetal e sua disponibilidade tem sido associada à redução da divisão e expansão celular, da área foliar e da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A planta de feijão é muito exigente em nutrientes, e dentre os nutrientes, o estudo do N é fundamental para a cultura do feijoeiro (ALVAREZ et al., 2005). Por ser um elemento de alta mobilidade no sistema solo-planta-atmosfera, pode ser perdido facilmente por volatilização ou lixiviação e, além disso, os adubos nitrogenados têm baixa eficiência e alto custo de sintetização, permitindo considerar que sua utilização sem critério, além de elevar o custo do produto final, pode contaminar o ambiente. A acentuada

disponibilidade de N a planta de feijão resulta no alongamento da fase vegetativa o que acarreta perda significativa no potencial de produção.

O N é o elemento mais absorvido e extraído pelo feijoeiro, uma vez que é componente essencial para a síntese protéica e influencia significativamente a produtividade e devido ao alto custo dos fertilizantes nitrogenados e as perdas deste nutriente pelo solo, contribuindo para a poluição ambiental, torna-se de grande interesse a busca de técnicas que possam maximizar o seu uso (SILVA, 2006). Como o N é constituinte da molécula de clorofila, geralmente existe alta correlação entre o seu teor e a clorofila nas folhas do feijoeiro. Dessa forma, vários autores têm relatado a viabilidade de se utilizar a avaliação indireta de clorofila como indicativo do estado nutricional em relação ao N (FURLANI JUNIOR et al., 1996; CARVALHO et al., 2003; SILVEIRA et al., 2003). Furlani Júnior et al. (1996) correlacionaram as leituras observadas com o clorofilômetro nas folhas de feijoeiro, cultivar Carioca, cultivado em seis doses de N, em dois ensaios em casa de vegetação, um em solução nutritiva e outro em solo, obtiveram correlações positivas entre a leitura e as doses de N fornecidas, bem como a leitura e os teores de N nas folhas. Concluíram que havia boas perspectivas quanto ao uso desse equipamento para detectar deficiências de N em feijoeiro.

Assim, o desenvolvimento do medidor portátil de clorofila, que proporciona leituras instantâneas, de uma maneira não destrutiva de folhas, surge como alternativa de indicação do nível de N na planta. As leituras efetuadas pelo clorofilômetro correspondem ao teor de clorofila presente na folha da planta (TAKEBE & YONEYAMA, 1989).

A absorção de N ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, ocorre dos 35 aos 50 dias da emergência da planta, coincidindo com a época do florescimento. Neste período, a planta absorve de 2,0 a 2,5 kg N ha⁻¹ dia⁻¹ (ROSOLEM & MARUBAYASHI, 1994).

4.3 Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada

O N é o nutriente que apresenta maior número de respostas quando do seu fornecimento ao feijoeiro, porém a inconstância dos resultados obtidos indica a necessidade de ampliar os estudos do comportamento desse nutriente no solo e na planta (OLIVEIRA; THUNG, 1988).

Na cultura do feijão o N é o elemento absorvido em maior quantidade, segundo Oliveira et al. (1996), quantidades superiores a 100 kg ha⁻¹ são requeridas para garantir a extração do nutriente associada a altas produtividades. A deficiência de N no solo pode ser corrigida aumentando-se o nível do nutriente disponível através da adição de fertilizantes nitrogenados. Arf (2004) cita que a adubação nitrogenada na cultura do feijão pode ser utilizada com objetivo de aumentar a produtividade e ainda, como alternativa para elevar o teor protéico dos grãos colhidos, melhorando, assim, o seu valor nutritivo.

O N contribui com 1 a 3% na massa seca do vegetal, participa de múltiplas funções metabólicas e estruturais que exerce nos vegetais superiores, seu papel é tão importante quanto do carbono, hidrogênio e oxigênio, constituindo, juntos, mais de 90% dessa matéria (TRIVELIN; FRANCO, 2008).

O N é responsável pelo incremento da área foliar da planta, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar, da taxa fotossintética e, conseqüentemente, da produtividade de grãos (FAGERIA; BALIGAR, 2005). O uso da dose adequada de N evita o aumento excessivo da área foliar, que pode propiciar auto-sombreamento, reduzindo a eficiência fotossintética e a transpiração. Além disso, a adubação e a fonte nitrogenada inadequada é outro fator que muitas vezes determina o insucesso no cultivo do feijoeiro. Contudo, segundo Vieira (1998), o aproveitamento das plantas em fertilizantes nitrogenados depende da forma do N, do método de aplicação, das características físicas e químicas do solo, da frequência e intensidade das chuvas, da presença de outro nutriente na formulação, dentre outros.

O N que pode ser disponibilizado às plantas e que define o potencial produtivo das culturas provém do ar atmosférico, no caso da maioria das leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2005). Na cultura do feijão, esse nutriente tem grande importância durante o desenvolvimento vegetativo, mas

principalmente nas fases de florescimento e enchimentos de grãos, pois, como há vagens e grãos crescendo quase ao mesmo tempo, a demanda por N nessa fase é alta (PORTES, 1996). Além disso, o suprimento adequado de N proporciona aumento no teor de proteínas nos grãos dessa leguminosa (SORATTO et al., 2005). Segundo Malavolta (1979) o N quando aplicado na dose recomendada, promove rápido crescimento aumentando a folhagem e o teor de proteína nas sementes. Também, “alimenta” os microrganismos do solo que decompõem a matéria orgânica e aumenta o teor de massa seca. No entanto, quando fornecido em desequilíbrio em relação aos outros elementos, pode atrasar o florescimento e a maturação e predispõe as plantas ao ataque de doenças (SOUZA, 2010).

O manejo adequado do N na agricultura é fundamental para que não haja prejuízos na relação custo/benefício, para o meio ambiente e para a nutrição das plantas. Considerando que o N é o elemento mais utilizado, extraído, e exportado pelas culturas, sendo o mais empregado na adubação e, considerado, ainda, que sua dinâmica no solo é muito intensa, envolvendo processos de adição e perda, reforça-se a necessidade de estudos que viabilizem o manejo adequado da adubação nitrogenada (FRANCISCO, 2008).

Desta forma, a adubação nitrogenada deve ser realizada de modo a propiciar nutrição adequada da planta no período em que ainda é possível aumentar o número de vagens por planta, isto é, até o início do florescimento (FARINELLI, 2006).

O feijoeiro apresenta algumas particularidades importantes do ponto de vista da adubação, pois é uma cultura que apresenta ciclo curto e possui um sistema radicular pouco profundo (BOARETTO; ROSOLEM, 1989). Assim, a época de aplicação do N constitui importante fator no manejo da adubação nitrogenada na cultura.

Segundo Malavolta (1979) deve-se aplicar N quando a cultura tem necessidade e quando possui raízes já bem desenvolvidas; outro cuidado é com o solo, que não deve estar demasiadamente seco e nem muito encharcado, pois o adubo nitrogenado se dissolve completamente na água, e se adubarmos uma planta que ainda não tem muitas raízes, com a primeira chuva que cair o material será arrastado para baixo e se perderá nas águas de drenagem; porém se a aplicação for feita mais tarde, a planta já tendo raízes suficientes conseguirá aproveitar o nutriente arrastado pela chuva, evitando sua perda.

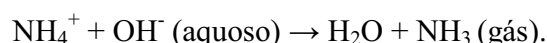
Em trabalho avaliando o efeito de fontes de N (uréia, sulfato de amônio e mistura uréia + sulfato de amônio) e épocas de aplicação de N em cobertura (20, 30

e 20 + 30 dias após emergência das plântulas), Binotti et al. (2004), observaram que o feijoeiro de inverno irrigado não apresentou diferenças na produtividade de grãos em relação à utilização de diferentes fontes de N em cobertura, e as épocas de aplicação de N em cobertura não influenciaram a produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado. Entretanto a aplicação de N em cobertura proporcionou, em média, um aumento de 16% na produtividade do feijoeiro comparado com a testemunha sem N em cobertura.

A aplicação de N seja na forma de uréia ou de sulfato de amônio em duas vezes, aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE), e em três vezes, aos 15, 30 e 45 DAE das plântulas, resultou em rendimentos de grãos significativamente maiores do que a aplicação em apenas uma vez, aos 30 DAE (BARBOSA FILHO et al., 2005).

4.4 Perda de nitrogênio por volatilização de amônia

O processo de perda por volatilização de amônia consiste na passagem da amônia presente no solo à atmosfera (DIEST, 1988), conforme a seguinte relação:



A amônia perdida por volatilização será proveniente da mineralização da matéria orgânica ou do fertilizante aplicado, sendo esse o fenômeno mais intenso mediante aumento no pH do solo. Essa intensificação do processo de perda pode ocorrer também nos estágios reprodutivos, onde há aumento do potencial de volatilização da amônia devido às mudanças no metabolismo do N da planta e também por meio da quebra de proteínas e aminoácidos (BOLOGNA, 2006).

As perdas gasosas são o principal fator de ineficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados, pois o N que poderia ser absorvido e assimilado pelas plantas é perdido na forma de amônia e óxidos nitrosos para a atmosfera. Esse tipo de perda pode chegar a 80% do adubo aplicado, ou seja, em casos extremos a planta consegue absorver apenas 20% do adubo. Essas perdas precisam ser bem compreendidas para orientação do manejo de adubação, visando melhorar o aproveitamento dos fertilizantes aplicados. (OLIVEIRA, 2008)

Dos fatores climáticos, a temperatura e a precipitação pluviométrica geralmente são os de maior importância no processo de perdas, ainda que outros fatores, como a velocidade do vento, tenham influência (MARTHA JÚNIOR, 2003). Altas

temperaturas potencializam volatilizações de NH_3 , devido ao aumento na taxa de várias reações e na atividade da urease (ALVES, 2006).

Os métodos existentes na literatura para quantificação de volatilização de amônia oriundo de adubos nitrogenados podem ser classificados em diretos e indiretos (CABEZAS; TRIVELIN, 1990). Os métodos diretos podem ser micrometeorológicos ou sistemas coletores tipo fechado-estático, fechado-dinâmico e semi-aberto estático. Apresentam como limitação a modificação das condições ambientais, o local onde estão instalados e, em alguns casos, a necessidade de aplicação de equações de calibração. O método indireto pode ser exemplificado pelo balanço isotópico com ^{15}N , que permite quantificar o processo de volatilização de amônia sem influenciar o meio ambiente ao redor. Porém, por utilizar-se N marcado, torna-se um processo de alto custo e restrito a instituições que trabalham com esse tipo de tecnologia (CAMPANA, 2008).

Alves (2006) com o objetivo de desenvolver novos coletores de amônia com menor custo de aquisição e interferência no local de implantação, testou em casa de vegetação diferentes coletores e distâncias, entre coletor e superfície do solo, para quantificar a volatilização de amônia oriunda de adubação nitrogenada no solo. O coletor de espuma com politetrafluoroetileno instalado a 1cm de altura da superfície do solo, sem a necessidade posterior de equação para calibração, apresentou resultados tão satisfatórios quanto o coletor semi-aberto depois de aplicadas as fórmulas de calibração- método de mensuração tradicionalmente utilizado – e o método de balanço de ^{15}N - método utilizado para real quantificação das perdas e para calibração dos demais coletores. Nesse estudo o autor concluiu como sendo eficiente na captação de N-NH_3 volatilizado da ureia aplicada ao solo e apresentando estimativas reais das perdas acumuladas de N-NH_3 por volatilização (ALVES, 2006).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do experimento e dados climatológicos

O presente trabalho foi instalado e conduzido dentro de um túnel plástico, nas dependências do Departamento de Recursos Naturais / Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Câmpus Botucatu – SP, localizada a 22°51' latitude S e 48°26' longitude W, com altitude de 786m, temperatura média anual de 20,5°C e umidade relativa do ar de 71% (MARTINS, 2003).

Os dados climáticos ocorridos durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1, obtidos com auxilio do termômetro localizado dentro do túnel plástico, para medição de máxima e mínima temperatura.

5.2 Características do solo

O solo utilizado foi retirado da camada arável (0-20 cm de profundidade) de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura média (Led), segundo Carvalho et al (1983), coletado na Fazenda Experimental Lajeado, numa gleba denominada “Patrulha”.

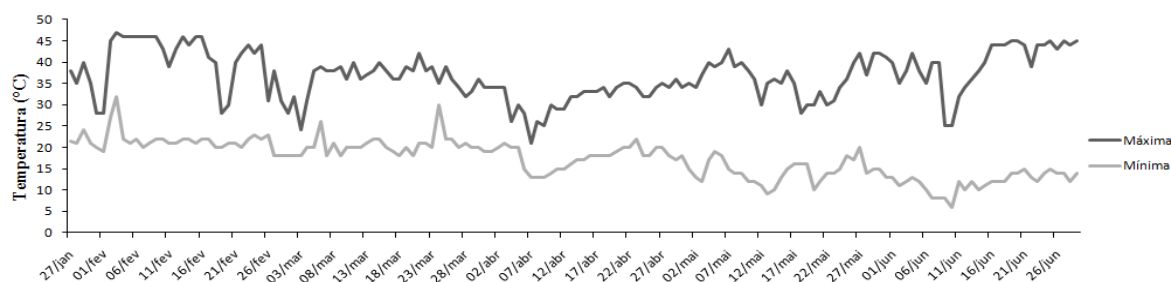


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento. Botucatu/SP, 2010.

Após a retirada do solo, coletaram-se amostras simples que posteriormente foram misturadas formando uma composta, da qual retirou-se uma amostra que foi encaminhada ao laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Departamento de Recursos Naturais / Ciências do Solo, Campus de Botucatu-SP. A análise química da amostra do solo utilizado seguiu a metodologia citada por Raij & Quaggio (1983). As características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo. Botucatu-SP 2010.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ⁺³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						
4	20	4	14	77	0,8	9	3	12	89
V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn			
%	mg dm ⁻³								
14	15	0,18	0,9	52	0,8	0,2			

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Campus de Botucatu.

5.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi composto por blocos ao acaso, com dezesseis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por: cinco fontes de N (uréia - 45% de N, sulfato de amônio – 20% de N, nitrato de cálcio – 20% de N, nitrato amônio – 32% de N e Ajifer (fertilizante organomineral: co-produto do glutamato monossódico)– 4% de N), três doses de adubação nitrogenada (100, 200 e 300 mg dm⁻³ aplicados em cobertura, quando as plantas apresentavam 10, 20 e 30 DAE) e tratamento testemunha (sem aplicação de N em cobertura). Foram utilizados como parcela experimental,

vasos de cimento amianto retangulares com capacidade para 40 litros de solo, totalizando 80 vasos.

5.4 Características do cultivar

O cultivar 'IAC-Alvorada' apresenta porte de planta semi-ereto (tipo III), com resistência moderada à antracnose, alto peso de mil sementes com 275 gramas e alta qualidade de grãos tipo carioca. Essa qualidade deve-se à resistência ao escurecimento e ao tamanho do grão (peneira 13 e 14). Possui ciclo de emergência à maturação fisiológica de 92 dias com vagens amarelo-palha. O teor de proteína médio é de 22%. Em ensaios preliminares na safra das águas de 2000, essa linhagem foi avaliada e destacou-se pela produtividade e estabilidade, além de possuir alta qualidade de grão. Na safra das águas de 2005 essa linhagem integrou os ensaios de VCU 2005/2006/2007 de grãos carioca do Estado de São Paulo. Devido as suas características de planta, à coloração do grão e do caldo, à resistência a doenças, produtividade e estabilidade da produção, a linhagem Gen 96A98-13-1-52-1 recebeu a denominação de IAC-Alvorada, dando início à produção de sementes genéticas em 2007 (INSTITUTO AGRONÔMICO..., 2010).

5.5 Instalação e condução do experimento

A calagem foi realizada com base no método de cálculo de saturação em bases, com intuito de elevar a saturação do solo utilizado a 70%, sendo o necessário para o desenvolvimento da cultura do feijão segundo o Boletim Técnico nº 100 (RAIJ et al., 1997). Com base nestas informações a correção do solo foi realizada aplicando-se 104g de calcário (PRNT= 96%) por vaso. A incorporação do calcário ao solo foi realizada com auxílio de uma betoneira. Na adubação de base aplicou-se 300mg de fósforo e 40mg de potássio, não foi aplicado nitrogênio.

No dia 24/02/2010 foi realizada a semeadura do cultivar IAC-Alvorada. Antes de serem semeadas as sementes foram tratadas com Thiram 200g L⁻¹, fungicida sistêmico. Foram semeadas dez sementes de feijão em cada vaso, com uma profundidade média de 2 cm. A emergência do feijão ocorreu no dia 28/02/10. No quinto dia após a emergência (DAE) das plântulas, realizou-se desbaste deixando apenas seis plantas por vaso, as quais serviram para avaliação dos parâmetros estudados

A irrigação foi realizada manualmente para que o solo atingisse sua capacidade de retenção de água, atendendo as necessidades da cultura. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. E não houve problemas com doenças durante o ciclo da cultura.

O N foi aplicado aos 10, 20 e 30 (DAE). Imediatamente após a primeira aplicação dos tratamentos, foram dispostos os coletores um em cada vaso, para quantificação de amônia perdida por volatilização.

5.6 Perda de nitrogênio por volatilização de amônia

A avaliação das perdas de N por volatilização de amônia foi realizada conforme Alves (2006) com algumas adaptações. Utilizou-se absorvedores de espuma (AE) com espumas de 8,0 x 8,0 cm, densidade de $0,02\text{g cm}^{-3}$, as quais foram embebidas em 11ml de ácido fosfórico (0,05N). Em seguida foram colocadas sobre chapas de PVC de 10,0 x 10,0 x 0,2 cm e envolvida por uma camada de polytetrafluoretileno (fita veda rosca) a qual é permeável a amônia e impermeável a água. Os absorvedores foram deixados em sacos plásticos até o momento de serem colocados nos vasos. Após a aplicação dos tratamentos, em cada vaso colocou-se um absorvedor apoiado por varetas com a chapa de PVC voltada para cima (Figura 2), evitando que a amônia presente no ar fosse captada. Os absorvedores foram trocados a cada dois dias, durante um período de 30 dias totalizando 15 coletas. Os mesmos foram armazenados em saco plástico na geladeira até o momento da análise.

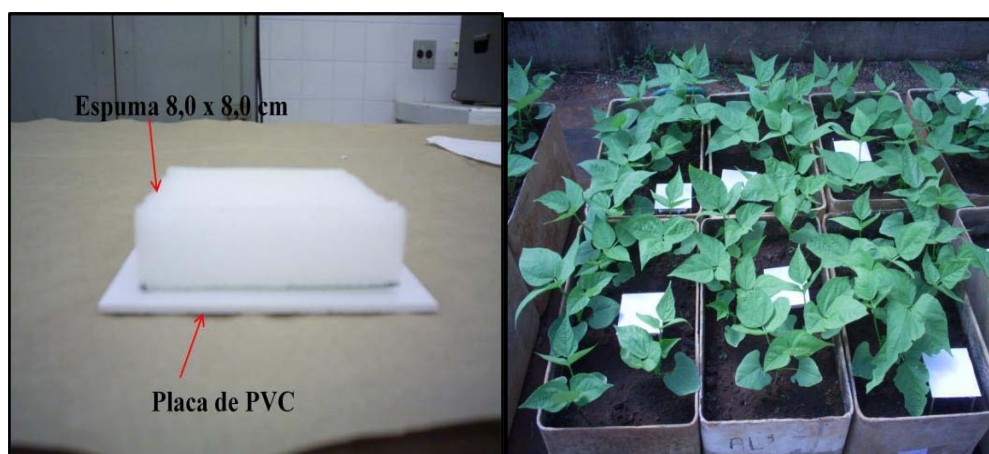


Figura 2. Aspecto visual dos coletores e disposição nos vasos. Botucatu/SP, 2010.

Para a determinação do N, as espumas foram lavadas em 300 ml de ácido sulfúrico (0,0005 N). Retirou-se uma alíquota de 50 ml que foi levada para tubo de ensaio. A cada amostra adicionou-se 5 ml de NaOH (50%) e realizou-se a sua destilação, utilizando um destilador de arraste de vapor. A solução receptora foi o ácido bórico a 5% e utilizou-se ácido sulfúrico a 0,025N para a titulação.

5.7 Variáveis avaliadas na cultura do feijão

5.7.1 Diagnose foliar

Por ocasião do florescimento pleno, determinado pelo tempo, em dias, compreendido entre a emergência de plântulas e a presença de pelo menos uma flor aberta em 50% das plantas, o qual ocorreu aos 40 DAE, foram coletadas a primeira folha trifóliolada totalmente desenvolvida de cada planta de feijoeiro de cinco plantas por vaso. O material vegetal coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar e analisado quimicamente segundo Bataglia et al. (1983), para macros (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas. Neste mesmo material vegetal, foi analisado o teor de nitrato através da metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

5.7.2 Índice relativo de clorofila

No momento da diagnose foliar, foi determinado na primeira folha trifóliolada totalmente desenvolvida de cada planta de feijoeiro de cinco plantas por vaso, utilizando-se o clorofiLOG - Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila.

5.7.3 Componentes de produção

5.7.3.1 Número de vagens por planta

Por ocasião da colheita, a qual foi realizada do dia 07/06/2010 (99 DAE), foi efetuado o arranquio das plantas de cada vaso e suas vagens foram contadas e colocadas em sacos de papel. O número de vagens por planta foi determinado pela relação entre o número total de vagens e o número de plantas coletadas de cada vaso.

5.7.3.2 Número de grãos por planta

O número de grãos por planta foi obtido pela relação entre o número total de grãos e o número total de plantas existentes em cada vaso.

5.7.3.3 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem foi obtido pela relação entre o número total de grãos e o número total de vagens de cada vaso.

5.7.3.4 Massa de 100 grãos

O número e a massa dos grãos coletados de cada vaso foram determinados previamente, corrigindo a massa para 13% de umidade.

5.7.3.5 Rendimento de grãos por planta

O rendimento de grãos por planta foi determinado pela relação entre a massa total dos grãos e o número de plantas presentes em cada vaso.

5.7.4 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras

Os grãos colhidos foram separados e classificados com auxílio do jogo de peneiras manual, com crivos oblongos (14, 13, 12, fundo), sendo, o fundo o local que todos os grãos que passaram pela peneira 12 ficaram retidos. Agitou-se os grãos sobre o jogo de peneiras e o percentual de grãos, para cada peneira, foi calculado por meio da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total das sementes de cada repetição (BRASIL, 1992).

5.7.5 Componentes nutricionais dos grãos de feijão

5.7.5.1 Acúmulo de nutrientes nos grãos

Amostras dos grãos de feijão de cada parcela foram coletadas e submetidas à análise química segundo Bataglia et al. (1983), para macros (N, P, K, Ca, Mg e

S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Ainda no mesmo material vegetal, foi analisado o teor de nitrato através da metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). Após a determinação dos teores, realizou-se por meio da massa dos grãos, o cálculo de acúmulo dos nutrientes nos grãos.

5.7.5.2 Teor de proteína nos grãos

Após a determinação do teor de N dos grãos (BATAGLIA et al., 1983), foi calculado mediante a multiplicação do valor de N pelo índice 6,25 (AOAC, 1990), o teor de proteína. O teor de proteína bruta (PB%) foi determinado pela fórmula $PB = N \text{ total} \times 6,25$, em que N total é o teor de N nos grãos, obtido pelo método de Kjeldahl.

5.7.6 Capacidade de hidratação dos grãos

Amostras de 30g foram colocadas em 80 ml de água destilada por 12 h. Nas primeiras quatro horas, o volume de água foi determinado a cada 30 minutos, e nas oito horas restantes, a cada hora. Ao final do tempo previsto para a hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. Por meio da diferença entre o peso final e o peso inicial, obteve-se a quantidade de água absorvida na amostra. (SILVA, 2006).

5.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o pacote estatístico SISVAR versão 4.2 (FERREIRA, 2003). Nos casos em que houve significância do teste F para o fator fonte, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e quando houve significância para dose as médias comparadas através de ajuste de regressão linear ou quadrática. E os dados de perda de N por volatilização de amônia não foram tratados estatisticamente.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia

Na seqüência as Figuras 4, 5 e 6 apresentam os valores de perda de amônia para cada uma das doses de N aplicadas, 100, 200 e 300 mg dm⁻³ respectivamente.

De acordo com a Figura 4, a dose de 100mg dm⁻³ promoveu o maior pico de volatilização e este ocorreu na 6^a coleta realizada no dia 22 de março, sendo 2 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Motivo pelo qual possa ter ocorrido aumento generalizado de perdas, uma vez que Primavesi et al. (2001) também encontraram o pico de volatilização em 1 ou 2 dias após a aplicação de fertilizantes. Ainda na mesma coleta observa-se que as fontes nitrato de amônia e ajifer foram às fontes que se destacaram em maiores perdas de amônia volatilizada. Nesta mesma coleta o ponto máximo de perda (18,91mg vaso) foi obtido pela fonte ajifer (fertilizante organomineral: co-produto do glutamato monossódico).

Já na Figura 5, utilizando a dose de 200 mg dm⁻³, a fonte que mais perdeu amônia foi a uréia (15,21mg vaso), tendo seu máximo de perda também na 6^o coleta realizada no dia 22 de março, sendo 2 dias após a segunda aplicação dos tratamentos.

Na Figura 6, utilizando a dose de 300 mg dm⁻³, a fonte que mais perdeu amônia foi a nitrato de amônio (19,03 mg vaso), tendo seu máximo de perda também

na 6ª coleta realizada no dia 22 de março, sendo 2 dias após a segunda aplicação dos tratamentos.

O umedecimento do solo, imediatamente após a aplicação da uréia, é mais importante do que a condição de umidade do solo no momento da aplicação (LARA CABEZAS et al., 1997), principalmente quando a uréia é aplicada na superfície e sem incorporação ao solo. A água diminui a volatilização da amônia se for suficiente para diluir a concentração de oxidrilas (OH^-), ao redor dos grânulos de uréia, que foram produzidos na reação de hidrólise, além de proporcionar a incorporação da uréia no solo (LARA CABEZAS et al., 1997). Isso pode explicar porque na dose de 100mg dm^{-3} (Figura 4) a uréia foi a fonte que menos perdeu amônia, sendo esta considerada uma fonte que promove perdas significativas por volatilização.

A hidrólise da uréia aumenta com a elevação da temperatura até 40°C (BREMNER & MULVANEY, 1978), mas, a hidrólise e as perdas por volatilização de NH_3 decrescem rapidamente com o abaixamento da temperatura. E de acordo com os dados de temperatura da casa de vegetação a partir do dia 20/03 (2ª aplicação) a temperatura média variou de $29,5^\circ\text{C}$ a $32,5^\circ\text{C}$ o que pode ter favorecido a perda por volatilização.

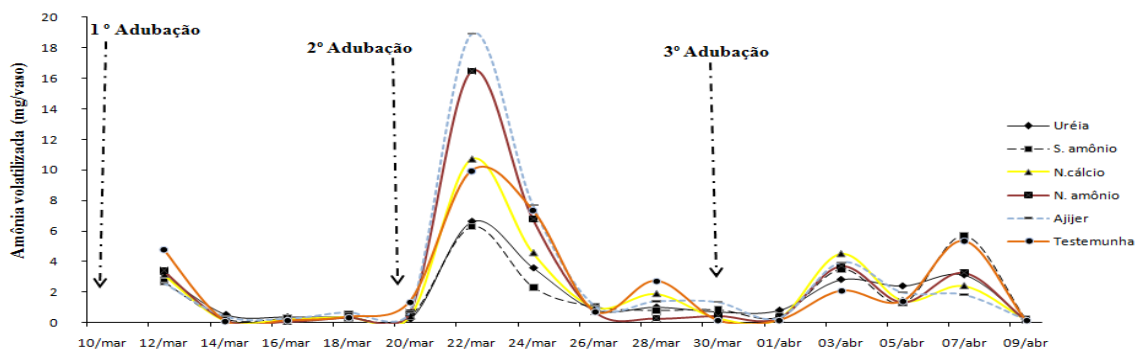


Figura 3. Perdas de amônia por volatilização (mg/vaso) em função da aplicação de 100 mg dm^{-3} de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.

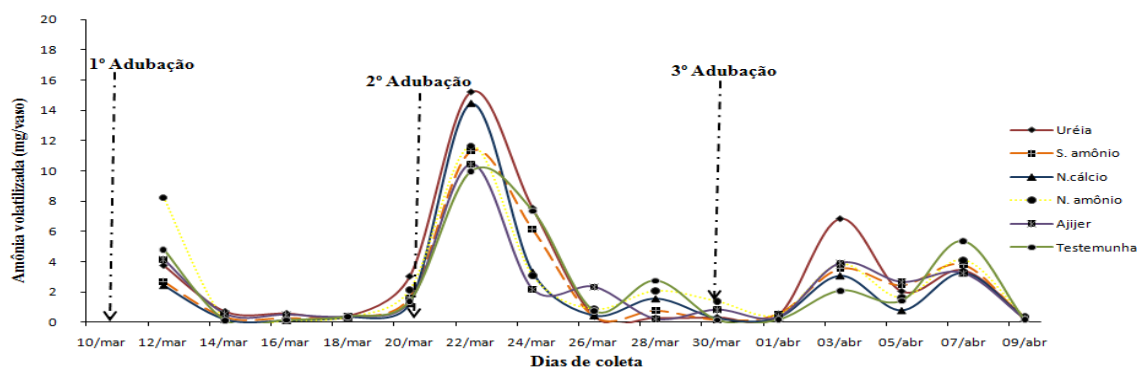


Figura 4. Perdas de amônia por volatilização (mg vaso) em função da aplicação de 200 mg dm^{-3} de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2011.

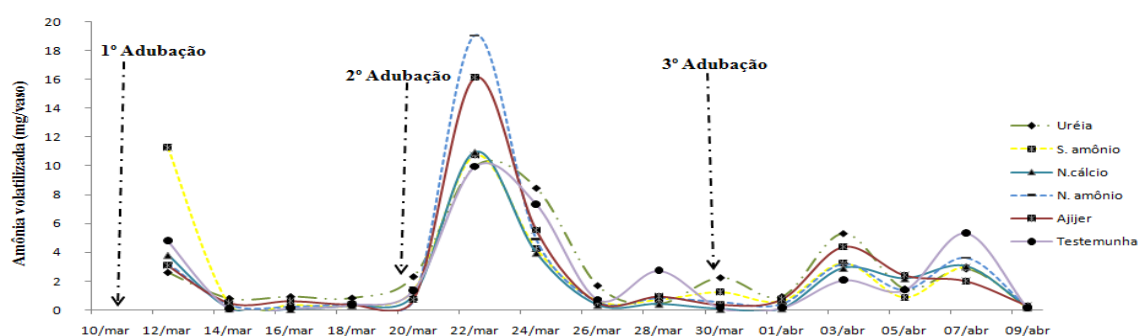


Figura 5. Perdas de amônia por volatilização (mg vaso) em função da aplicação de 300 mg dm^{-3} de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.

Portanto, as perdas de N por volatilização de NH_3 são afetadas por fatores climáticos e ambientais e são favorecidas nas condições do verão brasileiro, nas quais predominam altas temperaturas e umidade.

Acredita-se que através do processo de mineralização da matéria orgânica seja disponibilizado até 2% ao ano de N para a cultura. Por exemplo, um solo com 3% de matéria orgânica pode ter 0,15% N. Desta forma é possível que as perdas por volatilização tenham sido influenciadas pelo processo de mineralização. Esse fato explicaria, por exemplo, porque a parcela testemunha (sem aplicação de N em cobertura) apresentou valores consideráveis de perdas de amônia (CAMPANA, 2008).

6.2 Diagnose foliar

Segundo Kikuti et al. (2004) a diagnose foliar, baseada nos teores de macro e micronutrientes dos tecidos vegetais, é eficiente, pois correlaciona-se com os níveis críticos previamente estabelecidos para a cultura. Valores inferiores aos da faixa crítica são indicativos de carência nutricional e da necessidade de correção, enquanto valores muito acima da faixa ideal são considerados toxicidade.

Os teores médios de macronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S, encontrados nas folhas do feijoeiro (Tabela 2), nos diferentes tratamentos, estão dentro da faixa considerada adequada segundo Raij et al.,(1997) 30-50g kg⁻¹, 2,5-4,0 g kg⁻¹, 20-24 g kg⁻¹, 10-25 g kg⁻¹, 2,5-5,0 g kg⁻¹, 2,0-3,0 g kg⁻¹, respectivamente.

Mesmo na testemunha, sem aplicação de N, o teor de N nas folhas estava dentro da faixa adequada, possivelmente devido à fixação simbiótica com bactérias nativas fixadoras de N, somado ao N proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo (BINOTTI, 2009).

Tabela 2. Teores médios de macronutrientes em folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	N	P	K	Ca	Mg	S
U ⁽¹⁾	36,69	3,73	15,22	16,73ab	6ab	2,01
S.A ⁽²⁾	37,49	3,57	15,12	15,22bc	4,93bc	1,93
N.C ⁽³⁾	34,06	3,91	14,66	17,41a	5,7abc	1,92
N.A ⁽⁴⁾	38,08	3,73	15,42	17,09ab	6,17a	1,89
A ⁽⁵⁾	37,77	3,50	16,91	14,97c	4,69c	1,86
Doses						
0	33,89	3,87	17,02	14,18	3,98	1,86
100	35,00	3,87	15,03	16,18	5,93	1,93
200	38,00	3,60	14,86	17,03	6,33	1,91
300	40,39	3,42	14,94	17,75	6,45	1,99
Regressão	L ⁽⁶⁾	L ⁽⁷⁾	L ⁽⁸⁾	L ⁽⁹⁾	Q ⁽¹⁰⁾	ns
CV(%)	12,33	19,29	23,45	14,07	22,43	10,95
Interação FxD	ns	*	ns	ns	ns	*

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽⁶⁾y=0,02257x+33,445 R²=97%*; ⁽⁷⁾y=-0,0000002x²+0,0001x+0,0595 R²=98%*; ⁽⁸⁾y=-0,0064x+16,424 R²= 63%; ⁽⁹⁾y=0,0116x+14551 R²=93%; ⁽¹⁰⁾y=-0,00005x²+0,0215x+4,0435 R²= 97%. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

Com análise de variância nota-se que os teores médios de Ca e Mg nas folhas apresentaram diferença significativa tanto para as doses de N aplicadas no solo bem como para as fontes de N utilizadas, mas não demonstrou efeito de interação entre os mesmos (Tabela 2). O P e S demonstraram efeito significativo para interação entre fonte e doses de N.

Com o aumento crescente das doses de N (0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³) houve também um aumento nos teores médios dos nutrientes N, Ca e Mg. Concordando com Kikuti et al. (2006), que em sua pesquisa diz que a medida que se aumentou a dose de N, obteve-se aumento nos teores foliares de N e Mg, e conclui que as doses de N influenciam nos teores de macronutrientes nas folhas do feijoeiro, mas não resultando em alterações muito expressivas, pois valores permanecem nas faixas adequadas.

Para os teores médios de N e Ca nas folhas em função das doses de N aplicadas no solo, ajustaram-se à regressão linear. Assim como Rodrigues (2001), em estudo de adubação utilizando uréia como fonte de N, em duas cultivares de feijão, obteve resposta linear nos teores de N (Figura 6). O aumento nos teores de Mg em função das doses crescentes de N, ajustou-se a equação quadrática, semelhante aos resultados observados por Teixeira (1998).

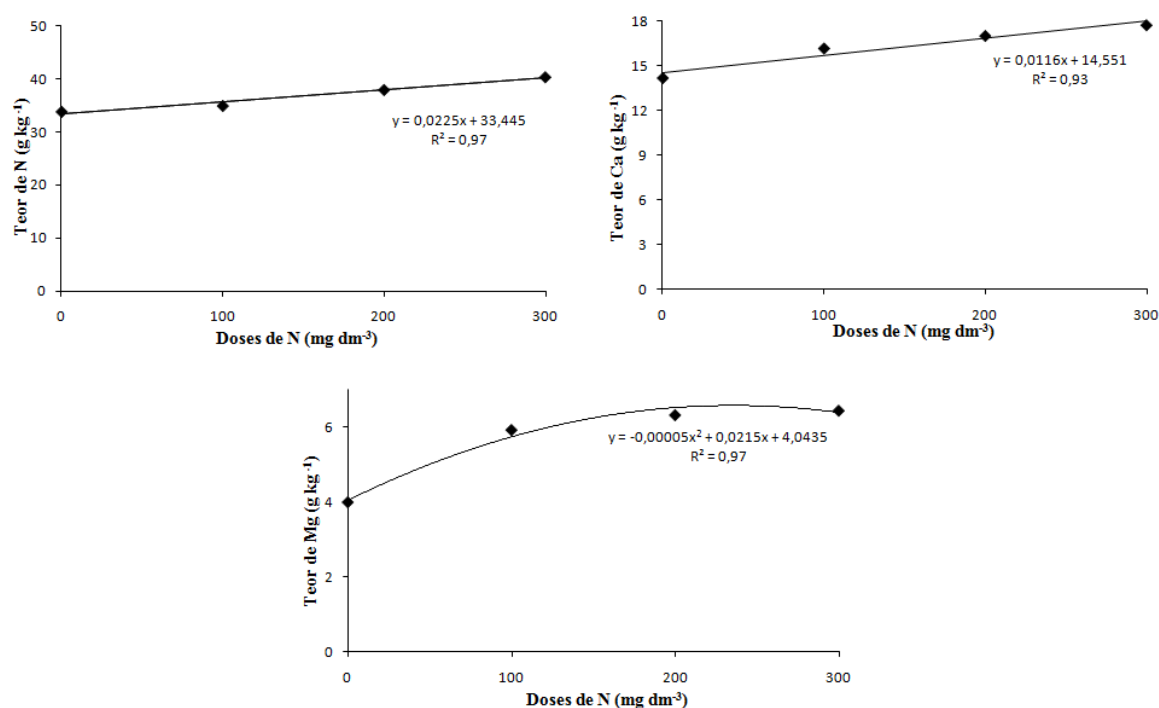


Figura 6. Teor médio de N, Ca e Mg (g kg⁻¹) em folhas de feijão em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Para os teores de S nas folhas do feijoeiro, o N aplicado nas formas de uréia e sulfato de amônio apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade entre as doses de N aplicadas. A fonte de N na forma de sulfato de amônio ajustou-se a regressão quadrática crescente, tendo o maior teor de S na dose de 300 mg dm^{-3} . Considerando as doses de N aplicadas em função das fontes utilizadas, as doses de 100 e 300 mg dm^{-3} promoveram diferenças significativas. Na dose de 100 mg dm^{-3} o maior teor de S foi promovido pela aplicação de N na forma de uréia (Figura 7). Porém na dose de 300 mg dm^{-3} quem se destacou no teor de S foi o sulfato de amônio, esse efeito pode estar relacionado ao fato dessa fonte possuir cerca de 22% de S em sua composição, aumentando assim a quantidade de S disponível no solo.

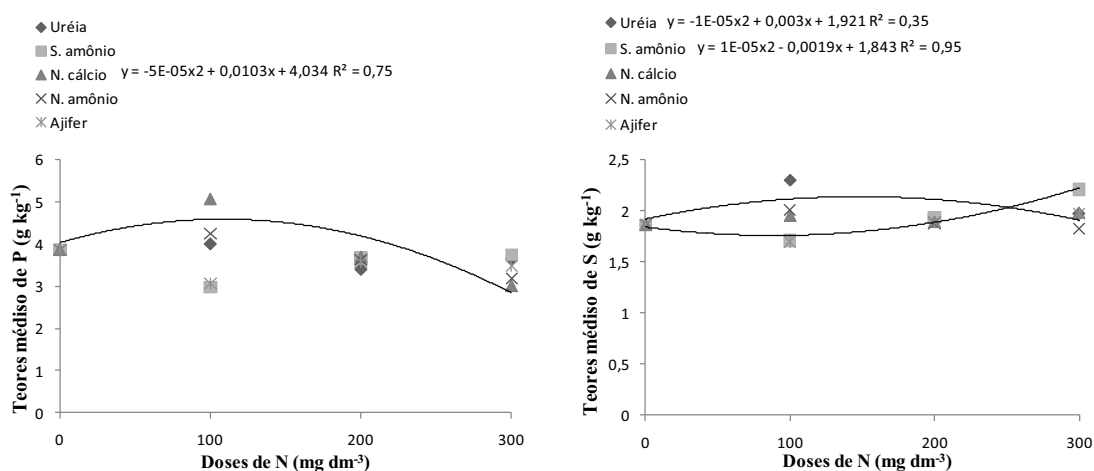


Figura 7. Teor médio de P e S, (g kg⁻¹) em folhas de feijão em função das doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Assim como para os macronutrientes, os micronutrientes, B, Cu, Fe, Mn e Zn, estiveram dentro da faixa considerada adequada por Raij et al. (1997), $15-26 \text{ mg kg}^{-1}$, $4-20 \text{ mg kg}^{-1}$, $40-140 \text{ mg kg}^{-1}$, $15-100 \text{ mg kg}^{-1}$, $18-50 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente (Tabela 3), com exceção do zinco que apresentou valores abaixo do adequado.

Tabela 3. Teores médios de micronutrientes em folhas de feijão em função das doses e fontes de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	B	Cu	Fe	Mn	Zn
U	26,84	4,20ab	89,35	44,25ab	11,30b
S.A	27,31	4,90a	86,30	49,65	14,35a
N.C	26,73	5,15a	83,00	39,50b	11,05b
N.A	25,75	4,85ab	93,00	43,85ab	12,95ab
A	27,24	4,15c	83,60	50,10a	13,45ab
Doses					
0	29,40	4,80	82,20	43,40	13,00
100	27,26	5,12	85,04	43,20	11,84
200	24,83	4,48	94,96	43,72	12,56
300	25,60	4,20	86,00	51,56	13,08
Regressão	L ⁽⁶⁾	*	ns	Q ⁽⁷⁾	ns
CV(%)	18,93	16,46	26,77	22,63	26,57
Interação FxD	ns	*	ns	ns	*

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽⁶⁾ $y = -0,0138x + 28,847$ $R^2 = 77\%$; ⁽⁷⁾ $y = 0,0002x^2 + 0,0353x + 43,73$ $R^2 = 95\%$. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

Os micronutrientes Cu, Mn e Zn apresentaram diferença significativa para fontes de N utilizadas, para as doses de N o B, Cu e Mn demonstraram efeito significativo, e apenas o Cu e Zn teve efeito da interação entre fontes e doses de N aplicados no solo (Tabela 3).

Os valores médios de B nas folhas de feijão ajustaram-se a equação linear de forma decrescente em função das doses de N, ou seja, quanto maior a dose de N menor a quantidade de B nas folhas. Já os valores de Mn ajustaram-se a equação quadrática obtendo o maior valor na dose máxima de N (Figura 8).

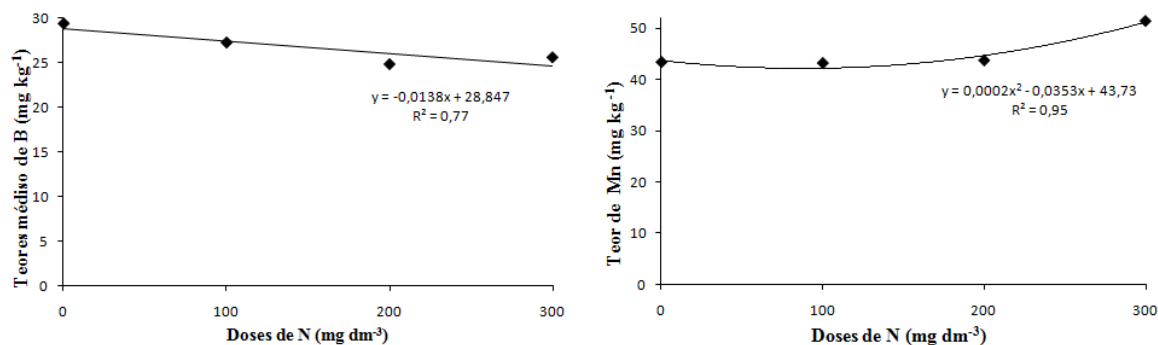


Figura 8. Teor médio de B e Mn, (g kg^{-1}) em folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Dentre as fontes de N utilizadas apenas o sulfato de amônio promoveu aumento nos teores de Zn em função das doses, obtendo-se o maior valor na dose de 300 mg dm⁻³, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 9). Já, quando se observa as doses em função das fontes há diferença significativa nas doses de 200 e 300mg dm⁻³ de N. Na dose de 200mg dm⁻³ de N a fonte que promoveu o aumento mais significativo foi o nitrato de amônio e na dose de 300mg dm⁻³ foi o N na forma de sulfato de amônio que promoveu o maior teor de Zn nas folhas.

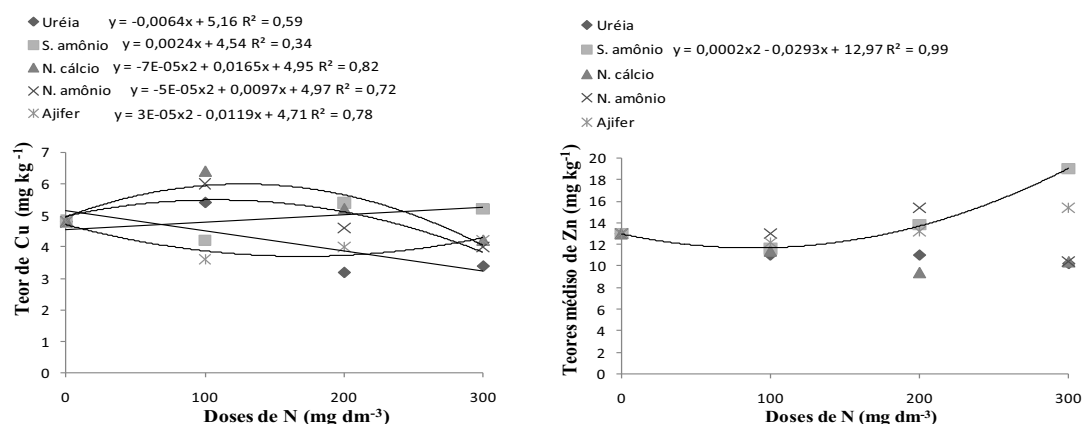


Figura 9. Teor médio de Cu e Zn, (g kg⁻¹) em folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Para os teores de nitrato nas folhas não houve diferença significativa para dose, fonte e interação a 5% de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de nitrato nas folhas de feijão em função das doses e fontes de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	Nitrato
U	2,33
S.A	2,55
N.C	2,22
N.A	1,72
A	2,86
Doses	
0	2,47
100	2,19
200	2,46
300	2,22
Regressão	ns
CV(%)	54,12
Interação FxD	ns

(¹)Uréia; (²)Sulfato de amônio; (³)Nitrato de cálcio; (⁴)Nitrato de amônio; (⁵)Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

6.3 Índice relativo de clorofila

Os valores médios de clorofila encontrados nas folhas do feijoeiro a partir das leituras realizadas com o clorofiLOG não apresentaram diferença significativa e não se ajustaram à equações de regressão, mesmo se mostrando crescentes em função das doses de N utilizadas (Tabela 5).

Tabela 5. Índice relativo de clorofila (clorofiLOG) e N total em folha diagnose do feijoeiro em função das fontes e doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	IRC	N Total
U	35,72	33,03
S.A	36,05	32,44
N.C	34,77	31,52
N.A	35,15	32,74
A	36,16	32,18
Doses		
0	34,64	31,3
100	35,87	31,96
200	35,82	33,1
300	35,95	33,17
Regressão	ns	L ⁽²⁾
CV(%)	5,55	8,21
Interação FxD	ns	ns

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽²⁾y=0,0067x+31,37 R²=92%. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

Como o N é constituinte da molécula de clorofila, geralmente existe alta correlação entre o seu teor e a clorofila nas folhas do feijoeiro. Dessa forma, vários autores têm relatado a viabilidade de se utilizar a avaliação indireta de clorofila como indicativo do estado nutricional em relação ao N (SORATTO et al., 2004). Através do cálculo de coeficiente de correlação de Pearson o índice relativo de clorofila correlacionou-se positivamente (R= 0,15) com a o teor de N total na folha de feijão.

Furlani Júnior et al. (1996) correlacionaram leituras observadas com o clorofilômetro nas folhas de feijoeiro, cultivar Carioca, cultivado em seis doses de N, em dois ensaios em casa de vegetação, um em solução nutritiva e outro em solo, e obtiveram correlações positivas entre a leitura e as doses de N fornecidas, bem como a leitura e os teores de N nas folhas.

Os teores médios de N total mesmo se comportando de forma crescente não foram significativos para doses e fontes utilizadas, porém valores de N sempre se mantiveram maiores do que os valores encontrados com a medição do Clorofilog (Figura 10).

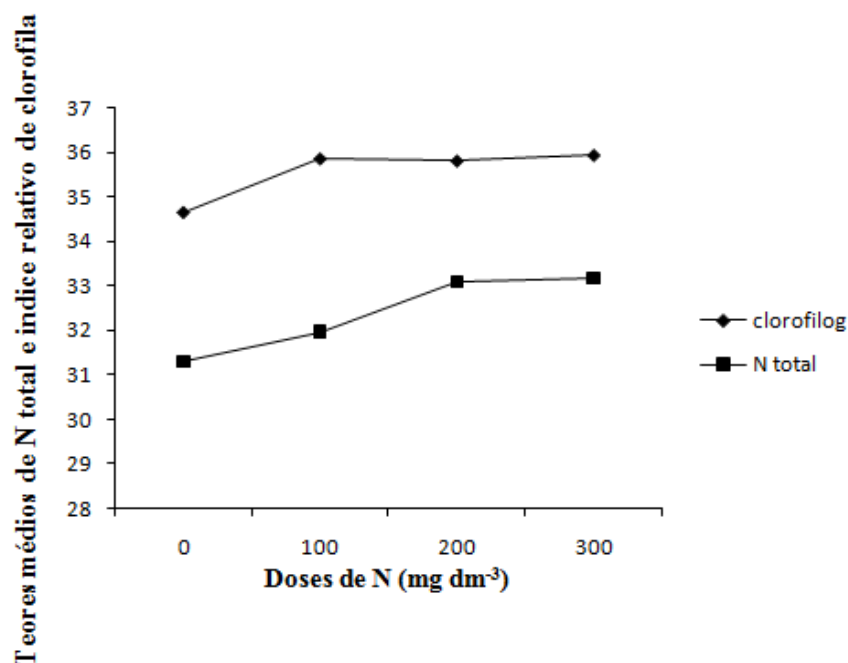


Figura 10. Teores médios de N total e clorofila nas folhas do feijoeiro em função das doses N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

O teor médio de N total nas folhas não foi influenciado pelas fontes de N, dados concordantes com os obtidos por Barbosa Filho et al. (2004) e Binotti et al. (2009). As doses de N, porém, influenciaram o teor de N total, proporcionando incremento nos teores (Figura 11). Também, Silveira e Damasceno (1993); Carvalho et al. (2003) e Binotti et al. (2009) obtiveram dados semelhantes. É importante salientar, que os teores de N determinados em todos os tratamentos situaram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura, 30 a 50 g kg⁻¹(folha), de acordo com Ambrosano et al. (1997); Raij et al. (1997).

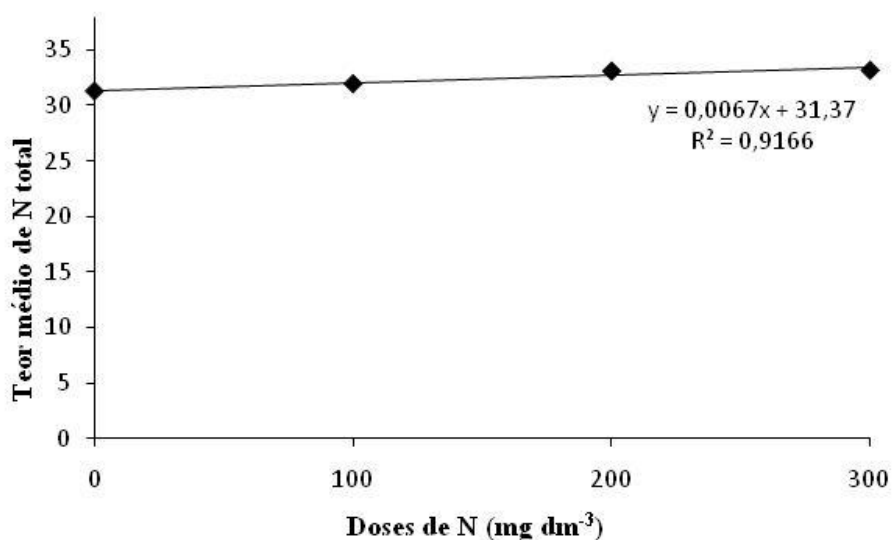


Figura 11. Teores médios de N total em folha diagnose do feijoeiro em função das doses N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

6.4 Componentes de produção

Na cultura do feijão, a produtividade de grãos é altamente correlacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos. Dependendo das condições e do manejo, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos.

As doses de N aplicadas no solo apresentaram efeito significativo para todos os componentes de produção, porém nenhum deles foram influenciados pela fonte de N utilizada ou pela interação entre fonte e dose (Tabela 6).

Tabela 6. Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100) e rendimento de grãos por planta (RGP) de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	NVP	NGV	NGP	M100	RGP
U	9,79	4,61	45,22	34,41	93,33
S.A	9,08	4,83	44,17	34,57	92,06
N.C	9,54	4,66	44,52	35,24	94,67
N.A	9,39	4,73	44,5	35,13	94,89
A	9,94	4,81	48,23	34,28	99,89
Doses					
0	8,5	4,52	39,23	32,51	79,15
100	9,79	4,76	46,42	34,98	96,47
200	9,83	4,8	46,97	35,46	99,74
300	10,08	4,84	48,62	35,96	104,52
Regressão	L ⁽⁶⁾	L ⁽⁷⁾	L ⁽⁸⁾	L ⁽⁹⁾	L ⁽¹⁰⁾
CV(%)	22,38	9,53	23,15	8,46	23,81
Interação FxD	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽⁶⁾ $y = 0,0048x + 8,82$ $R^2 = 75\%$; ⁽⁷⁾ $y = 0,001x + 4,58$ $R^2 = 80\%$; ⁽⁸⁾ $y = 0,0287x + 41$ $R^2 = 79\%$; ⁽⁹⁾ $y = 0,0108x + 33,10$ $R^2 = 83\%$; ⁽¹⁰⁾ $y = 0,0794x + 83,06$ $R^2 = 85\%$. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

O número de vagens por planta não apresentou diferenças em seus valores com as diferentes fontes utilizadas. Também, Carvalho et al. (2001) não verificaram diferenças no número de vagens por planta com a utilização de diferentes fontes de N (uréia e sulfato de amônio), assim como Rapassi et al. (2003) e Alvarez et al. (2005) utilizando uréia e nitrato de amônio. Doses crescentes de N proporcionaram aumento linear no número de vagens por planta, concordando com resultados encontrado por Chidi et al. (2002).

Vindo de encontro com os dados obtidos por Silva (2010), que também observou que o aumento de N em cobertura propicia aumento do número de vagens por planta. Soratto et al. (2001) também constataram aumento no número de vagens por planta do feijoeiro cultivado em sistema plantio direto, considerando a aplicação de N em cobertura, independentemente da época de aplicação, até os 35 DAE.

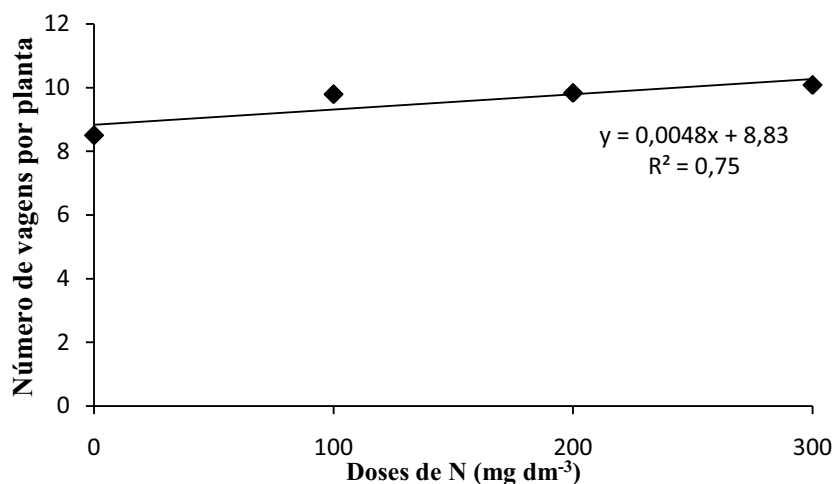


Figura 12. Número de vagens por planta de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

Com o número de vagens por planta aumentando em função das doses de N (Figura 12) obteve-se o maior número de vagens por planta com a aplicação de dose máxima de 300 mg dm⁻³, que proporcionou um valor de 10,08 vagens por planta. Quando a planta apresenta deficiência desse nutriente produz menos flores e, consequentemente, menos vagens (SILVA et al., 2003).

Mesmo o número de grãos por vagem sendo considerado característica de herdabilidade genética, resultados de trabalhos de pesquisa indica que uma melhor nutrição em N pode aumentar o número de óvulos fertilizados por vagem, com os dados se ajustando a equações lineares crescentes (SANTOS et al., 2003; ARF et al., 2004; SORATTO et al., 2006). Fato este que ocorreu no presente estudo onde quanto maior a dose de N aplicado ao solo (300 mg dm⁻³) maior foi o valor obtido de grãos por vagem (4,84 grãos/vagem) (Figura 13).

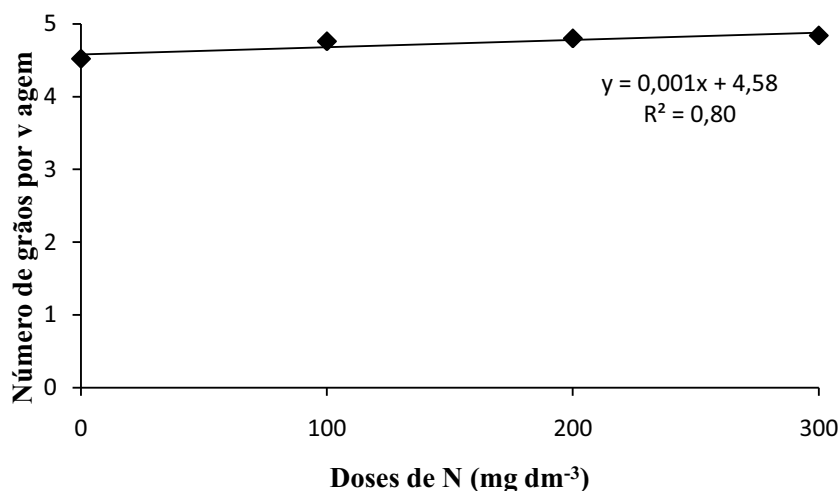


Figura 13. Número médio de grãos por vagem de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

As diferentes doses de N aplicadas nos vasos aumentaram significativamente o número de grãos produzidos por planta (Figura 14). O aumento no número de grãos ajustou-se à função linear com o aumento da dose aplicada, concordando com dados de Buzetti et al. (1992) os quais mencionam que o feijoeiro requer um suprimento adequado de N tanto para o atendimento do seu crescimento como para a formação de vagens e grãos. Observa-se na Figura 14 que o maior número de grãos por planta (48,62) foi obtido na maior dose de N utilizada (300 mg dm⁻³). Não foi observado efeito significativo para as fontes de N utilizadas bem como para interação entre fontes e doses.

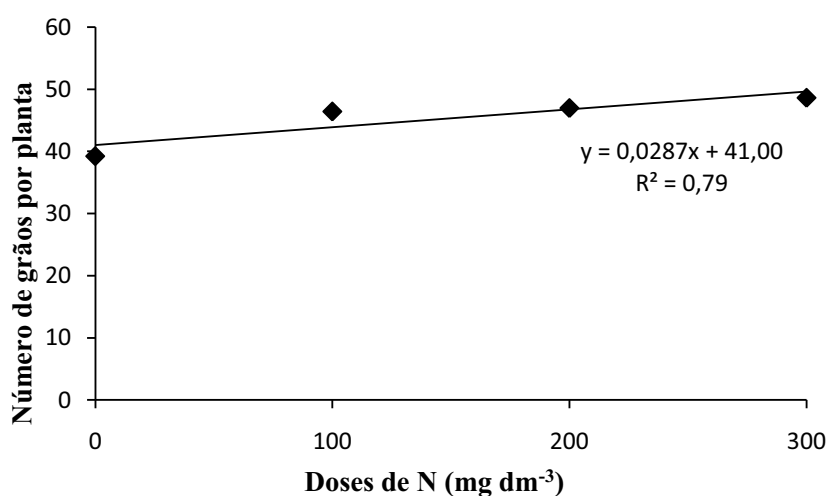


Figura 14. Número médio de grãos por planta de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

A massa de 100 grãos apresentou diferença significativa em função das doses de N aplicadas, mas não apresentou diferença em função das fontes e da interação. Stone e Moreira (2001), também verificaram que o aumento das doses de N em cobertura promoveram incremento na massa de 100 grãos.

Nota-se um aumento linear na massa de 100 grãos em função das doses de N (Figura 15). Considerando que a massa de 100 grãos adequada é de 27,5 g, pode-se notar que até na menor dose de N aplicada à massa de 100 grãos manteve-se além do adequado.

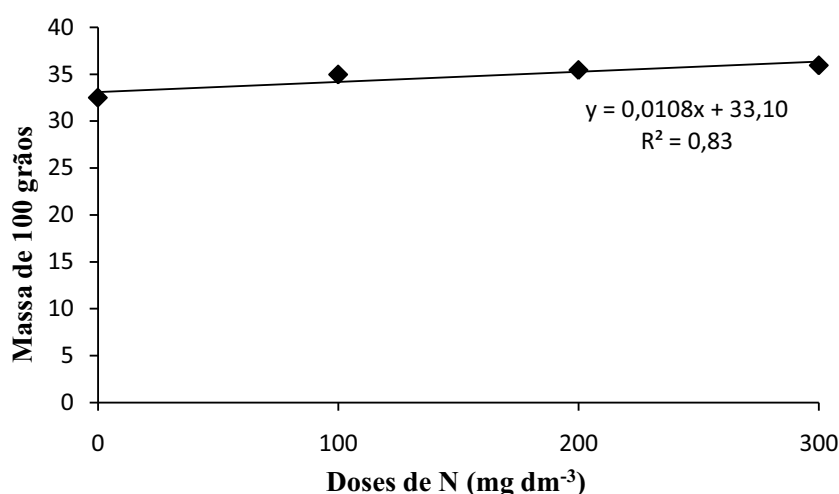


Figura 15. Massa de 100 grãos de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

A massa de grãos por planta mostrou-se significativa a 5% para as doses de N utilizadas, ajustando-se a equação linear crescente em função das doses. (Figura 16).

Os resultados do presente trabalho concordam com os obtidos por Alvarez et al, (2005), os quais verificaram que a aplicação de adubo nitrogenado no feijoeiro apresentou efeito positivo sobre o rendimento de grãos. Os resultados são concordantes também com os dados de Sá et al. (1982), que ressaltam a importância do N na nutrição da cultura do feijão, sugerindo sua adição na semeadura e em cobertura.

A elevação no rendimento de grãos de feijão indicou que, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, o N fornecido, juntamente com os nutrientes contidos no solo, possivelmente supriram eficientemente suas necessidades nutricionais, permitindo inferir que o efeito positivo da aplicação das fontes e das doses de N foi devido ao

suprimento de nutrientes de forma equilibrada nas doses responsáveis pelas produções máximas, conferindo à cultura a capacidade máxima de produção, induzida pela constituição genética e pela condição do experimento (OLIVEIRA, 2003).

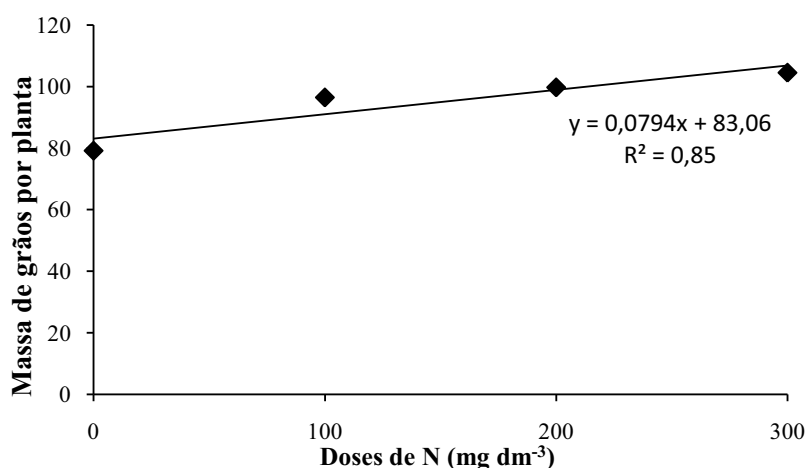


Figura 16. Massa de grãos por planta de feijão, em função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

6.5 Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras

Em condições normais de nutrição pode-se obter grãos maiores, mais uniformes, com menor incidência de pragas e doenças dentre as condições climáticas predominantes (SÁ, 1994). Assim as diferentes doses de N aplicados nos tratamentos alteraram significativamente porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 14 e 12. Enquanto a porcentagem dos grãos na peneira 14 aumentou linearmente com o aumento da dose de N aplicada via solo, a porcentagem dos grãos na peneira 12 diminuiu, mostrando um aumento no tamanho dos grãos, com o aumento da dose (Figura 17). O tamanho e a uniformidade dos grãos aumentaram com as doses de N aplicadas, tendo mais 60 % dos grãos retidos na peneira 14. A porcentagem de grãos retidos no fundo não apresentou diferença significativa em função das doses de N. Bem como as diferentes fontes de N aplicadas no solo não foram significativas.

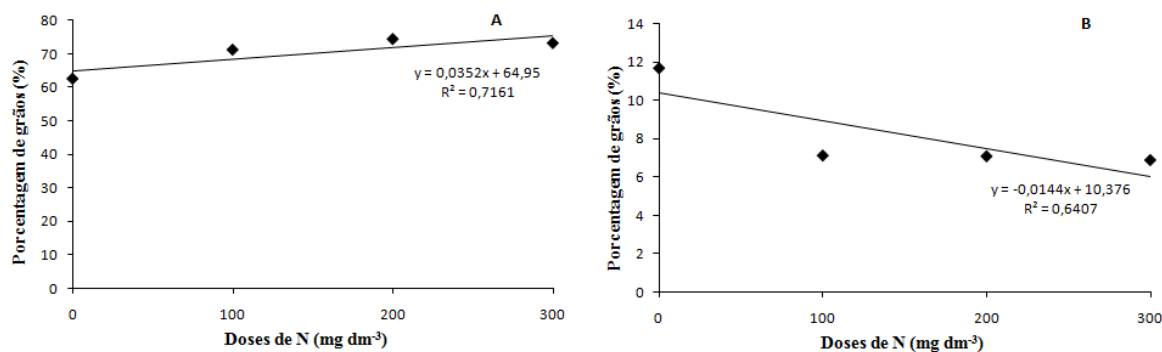


Figura 17. Porcentagem dos grãos de feijão retidos nas peneiras 14(A), 12(B), em função de doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

6.6 Componentes nutricionais dos grãos de feijão

6.6.1 Acúmulo de nutrientes nos grãos de feijão

Com exceção do Ca todos os nutrientes (macro e micro) apresentaram diferença significativa em função das diferentes doses de N aplicadas no solo para o acúmulo desses nutrientes nos grãos de feijão. Mas, não apresentaram diferença nas diferentes fontes de N (Tabela 8) e na interação fontes e doses.

Tabela 7. Acúmulo de N, P, K, Mg e S nos grãos de feijão função das fontes e doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	N	P	K	Ca	Mg	S
U	0,56	0,07	0,19	0,017	0,02	0,029
S.A	0,56	0,07	0,18	0,016	0,02	0,028
N.C	0,58	0,07	0,18	0,018	0,02	0,029
N.A	0,57	0,08	0,19	0,016	0,02	0,029
A	0,59	0,08	0,2	0,017	0,02	0,031
Doses						
0	0,46	0,06	0,16	0,016	0,018	0,025
100	0,58	0,07	0,19	0,018	0,02	0,03
200	0,6	0,08	0,2	0,017	0,02	0,031
300	0,64	0,08	0,2	0,017	0,02	0,03
Regressão	L ⁽²⁾	L ⁽³⁾	L ⁽⁴⁾	ns	Q ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾
CV(%)	24,01	19,51	23,18	32,87	22,69	24,1
Interação FxD	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽²⁾ $y = 0,0006x + 0,486$ $R^2 = 87\%$; ⁽³⁾ $y = -0,0000002x^2 + 0,0001x + 0,0595$ $R^2 = 98\%$; ⁽⁴⁾ $y = 0,0001x + 0,168$ $R^2 = 78\%$; ⁽⁵⁾ $y = -0,0000003x^2 + 0,0001x + 0,0105$ $R^2 = 93\%$; ⁽⁶⁾ $y = 0,00002x + 0,0266$ $R^2 = 56\%$. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

Mediante comparação de resultados de análises realizadas em tecido de plantas desenvolvidas em casa de vegetação e em campo, Oliveira e Thung (1988) relatam que os tecidos desenvolvidos em casa de vegetação apresentam maiores quantidades absorvidas de nutrientes que os tecidos de plantas desenvolvidas no campo. Isto se deve ao fato de que as plantas de casa de vegetação crescem sem concorrência.

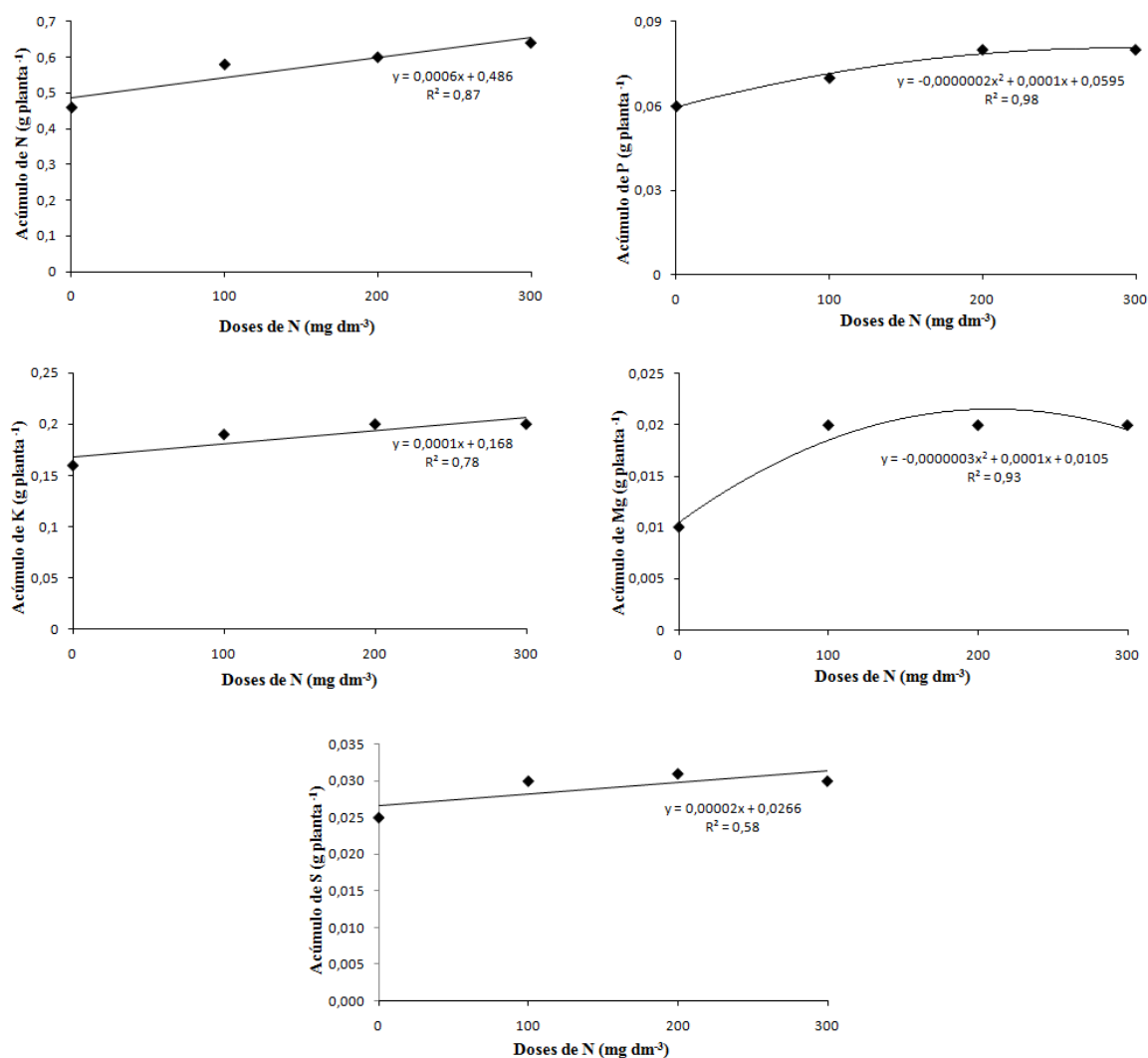


Figura 18. Acúmulo de N, P, K, Mg e S nos grãos de feijão função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

Para N, K e S as médias de acúmulo ajustaram-se a equação linear crescente, ou seja, quanto maior a dose de N aplicada, maior foi o acúmulo do nutriente nos grãos de feijão (Figura 20). O P e Mg ajustaram-se a uma equação quadrática onde a dose máxima para maior acúmulo de P e Mg foram 250 mg dm⁻³ e 166 mg dm⁻³ respectivamente.

Dentre os nutrientes, o N é o mais absorvido e exportado para a parte aérea, além disso, é o elemento que, juntamente com o fósforo, tem apresentado as maiores respostas em produção. O magnésio é um elemento que normalmente tem recebido pouca atenção nos programas de adubação; entretanto, a produção poderá ser prejudicada nos casos onde ocorrem deficiências dos nutrientes. As doses de N aplicadas no solo promoveu aumento linear nos acúmulo de Mg nas folhas do feijoeiro (Figura 20), exceto para a fonte sulfato de amônio. O enxofre é um nutriente absorvido em quantidades moderadas pela cultura do feijoeiro; entretanto, é constituinte de grande número de compostos das plantas (PETRILLI, 2007).

Tabela 8. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de feijão função das fontes e doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	B	Cu	Fe	Mn	Zn
U	0,21	0,097	1,25	0,19	0,27
S.A	0,19	0,094	1,19	0,21	0,31
N.C	0,2	0,096	1,22	0,19	0,24
N.A	0,22	0,1	1,25	0,2	0,27
A	0,21	0,102	1,27	0,23	0,31
Doses					
0	0,16	0,084	0,97	0,16	0,24
100	0,22	0,099	1,3	0,21	0,28
200	0,21	0,104	1,34	0,21	0,27
300	0,23	0,104	1,33	0,23	0,32
Regressão	L ⁽¹⁾	L ⁽²⁾	Q ⁽³⁾	L ⁽⁴⁾	L ⁽⁵⁾
CV(%)	25,93	24,25	26,61	27,15	35,15
Interação FxD	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽²⁾y= 0,0002x+0,175 R²=68%; ⁽³⁾y=7E-05x+0,088 R²=78%; ⁽⁴⁾y=-9E-06x²+0,0037x+0,982 R²=96%; ⁽⁵⁾y=0,0002x+0,171 R²=82%; ⁽⁶⁾y=0,0002x+0,243 R²=80%. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

Todos os micronutrientes apresentaram resultados significativos para as diferentes doses de N aplicadas no solo. Já as fontes de N utilizadas não demonstraram efeito no acúmulo de nutrientes (Tabela 8). As médias de acúmulo de B, Cu, Mn e Fe ajustaram-se a equação linear crescente, ou seja, quanto maior a dose de N aplicada, maior o acúmulo do nutriente nos grãos de feijão (Figura 21) e as médias de Fe ajustou-se a equação quadrática.

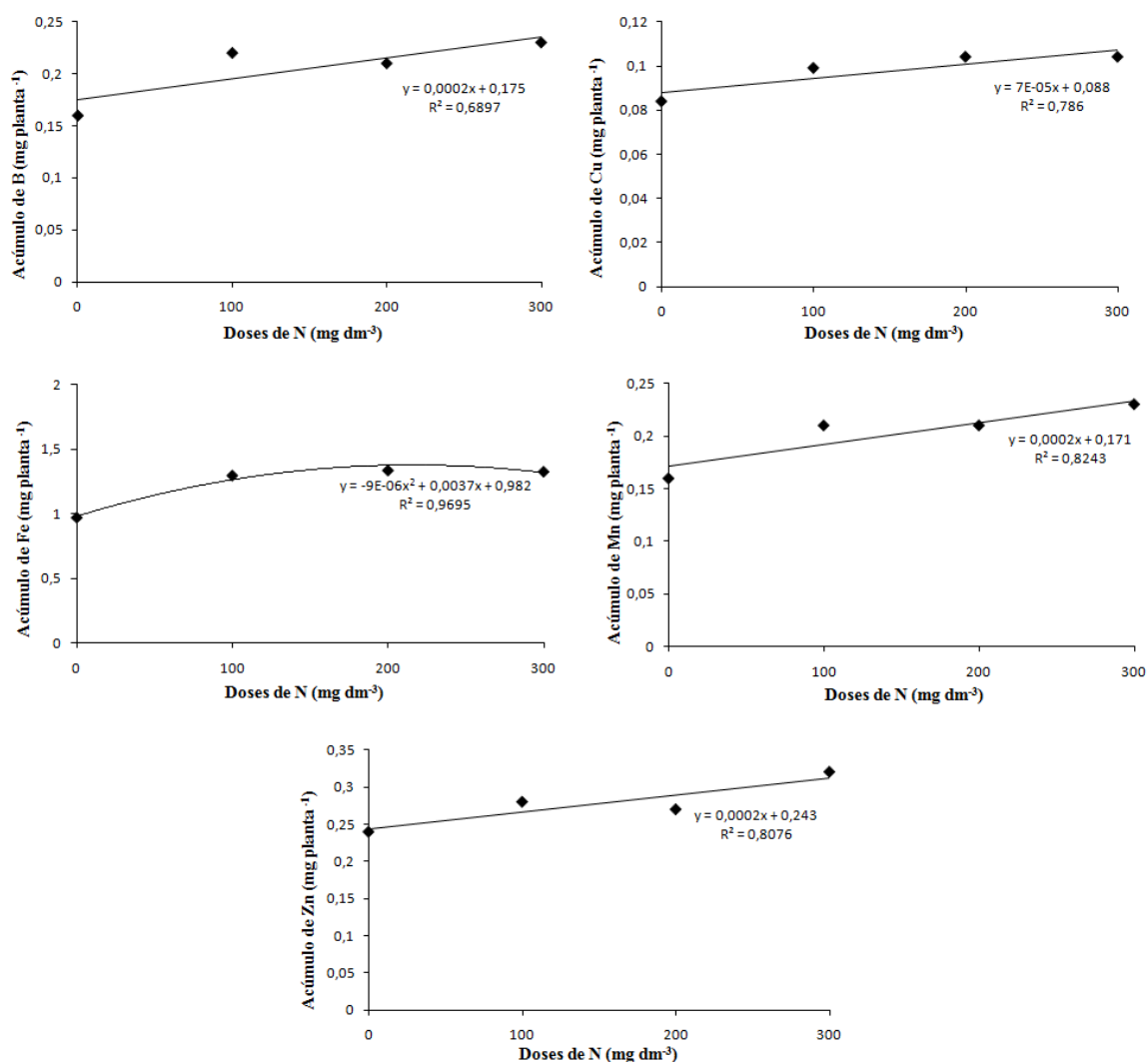


Figura 19. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos grãos de feijão função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

6.6.2 Teor de proteína nos grãos

O N por participar da composição dos aminoácidos, desempenha um efeito direto no teor de proteínas dos grãos, sendo assim o teor de proteína presente nos grãos de feijão apresentou efeito significativo a 5% para as doses de N aplicadas (Tabela 9), concordando com Patroni et al. (2002) que observaram maior teor de proteína nos grãos cujas plantas receberam os maiores níveis de adubação nitrogenada.

As fontes utilizadas não influenciaram no teor de proteína dos grãos de feijão. Como também não demonstrou nenhuma interação entre fontes e doses. Os valores

de proteínas encontrados nos grãos de feijão estão numa faixa entre 19,60% a 27,43%. De acordo com o Instituto Agronômico de Campinas (2010), o teor de proteína médio do cultivar Alvorada é de 22%.

O N absorvido pelas plantas combina com esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais. Por ocasião da fase de enchimento de grãos essas reservas são quebradas, translocadas e armazenadas nesses órgãos na forma de proteínas e aminoácidos (MARSCHNER, 1995).

Segundo Lajolo et al. (1996), na composição centesimal do feijão, o conteúdo protéico é variável em razão do local de cultivo, de fatores ambientais e da própria cultivar. A adubação nitrogenada além de promover acréscimo na produtividade, também pode ser uma via de alternativa para aumentar o teor protéico em grãos de feijão. Carelli et al. (1981) verificaram que a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N ocasionou aumentos de 27,8%, 20,7% e 28,1%, respectivamente nos teores de N total, N protéico e N não protéico, quando comparados com o tratamento testemunha. Em outro trabalho, Carelli et al. (1982) obtiveram resposta linear com a adubação nitrogenada em cobertura nas cultivares Aroana, Carioca e Rico-23, havendo acréscimos de 8,04% a 18,5% no teor de proteína das sementes nas doses aplicadas de 50 a 100 kg ha⁻¹ de N.(FARINELLI, 2006)

Tabela 9. Teor de proteína nas folhas de feijão em função das fontes e doses de N aplicadas no solo. Botucatu/SP, 2010.

Fontes	Teor de proteína
U	22,62
S.A	22,83
N.C	22,97
N.A	22,81
A	22,33
Doses	
0	21,99
100	22,85
200	22,62
300	23,39
Regressão	L ⁽²⁾
CV(%)	5,77
Interação FxD	Ns

⁽¹⁾Uréia; ⁽²⁾Sulfato de amônio; ⁽³⁾Nitrato de cálcio; ⁽⁴⁾Nitrato de amônio; ⁽⁵⁾Ajifer. Médias seguidas de letras distintas na coluna para o fator fonte diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ⁽²⁾y= 0,004x+22,117 R²=78%. ns e * são não-significativos e significativos a 5% de probabilidade respectivamente. L e Q= regressão linear e quadrática respectivamente.

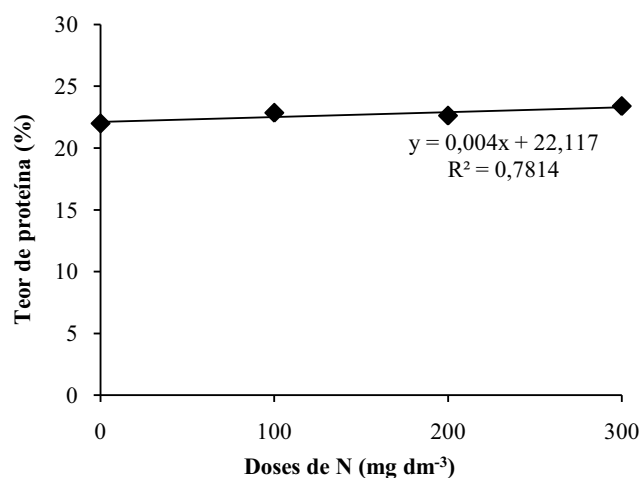


Figura 20. Teor de proteína nos grãos de feijão função das doses de N aplicados no solo. Botucatu/SP, 2010.

6.7 Capacidade de hidratação

Para a capacidade hidratação dos grãos, os resultados mostraram-se significativos a partir de 1 hora e 30 minutos de hidratação dos grãos, de forma que a partir desse momento a hidratação foi crescente ao longo do tempo, porém quanto maior a dose de N aplicada menor a quantidade de água absorvida (Figura 21).

No presente trabalho não houve presença de grãos de casca dura (“hardshell”) sem capacidade de absorver água.

A partir das três horas de hidratação, para todas as fontes a quantidade de água absorvida passou a aumentar lentamente praticamente estabilizando às 9 horas, como pode se observar nas Figuras 22, 23 e 24. O comportamento foi muito semelhante não importando a fonte de N utilizada. Esse comportamento vem de acordo com Ferreira e Borghetti (2004), que descrevem que sementes ou grãos submetidos à hidratação em água muito frequentemente apresentam um padrão típico trifásico de absorção e em geral a fase I é rápida, dirigida pelo potencial matricial do grão (RAMOS JUNIOR et al., 2005).

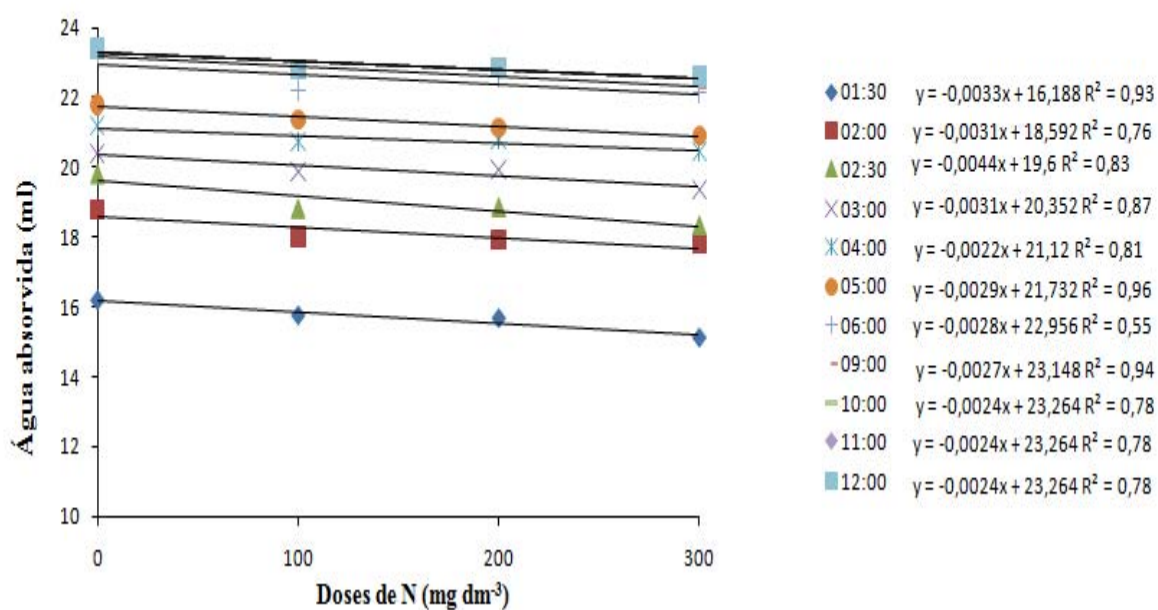


Figura 21. Água absorvida (ml) por grãos de feijão em função da aplicação de doses crescentes de N. Botucatu/SP, 2010.

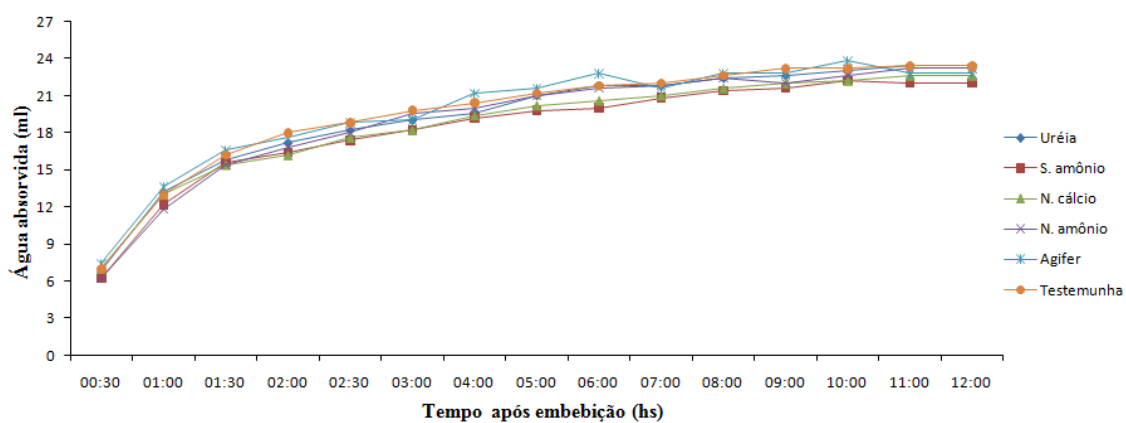


Figura 22. Água absorvida (ml) pelos grãos de feijão durante 12 horas, em função da aplicação de 100mg dm⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.

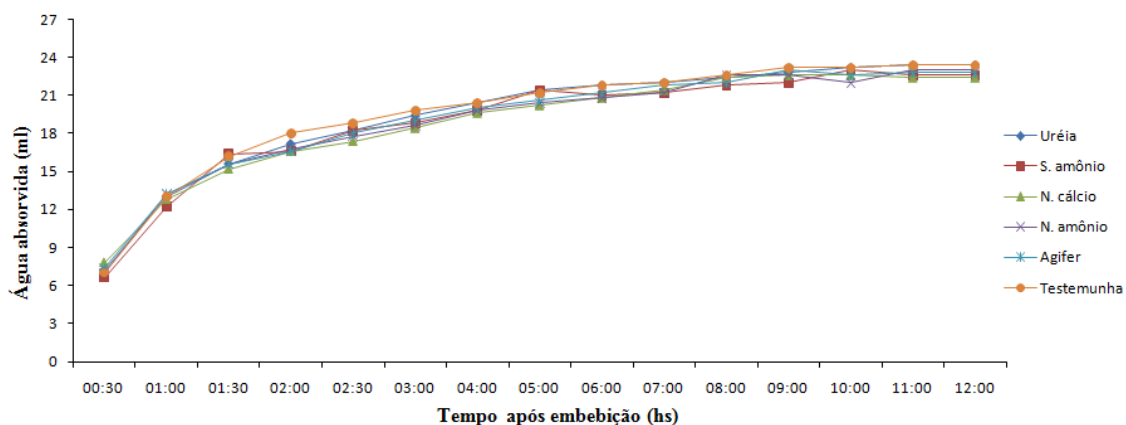


Figura 23. Água absorvida (ml) pelos grãos de feijão durante 12 horas, em função da aplicação de 200mg dm⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.

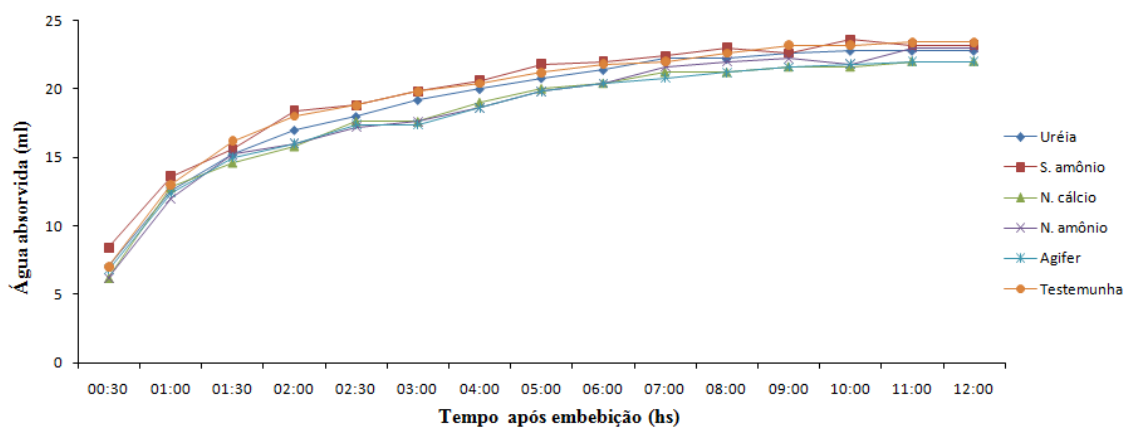


Figura 24. Água absorvida (ml) pelos grãos de feijão durante 12 horas, em função da aplicação de 300mg dm⁻³ de N aplicado no solo. Botucatu/SP, 2010.

7. CONCLUSÕES

- Os maiores teores de N nas folhas de feijão foram obtidos com a maior dose utilizada, 300 mg dm^{-3} de N aplicado no solo, e as fontes que proporcionaram maiores teores foram sulfato de amônio e ajifer.
- As diferentes fontes de N utilizadas modificaram os teores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn e o aumento das doses de N promoveu incremento nos teores de Ca, Mg, B, Cu, e Mn.
- As doses de N influenciaram nos componentes de produção (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de 100 grãos, rendimento de grãos por planta), não sendo influenciados pelas diferentes fontes de N.
- Os índices relativos de clorofila, determinados na folha de feijão, se correlacionaram positivamente com os teores de N total.
- Grãos de feijão oriundos de plantas bem nutridas e adubadas com N em cobertura, apresentam maior tamanho, tendo mais de 71% dos grãos ficado retidos na peneira 14.
- O aumento do teor de proteína nos grãos de feijão é decorrente das doses crescentes de N em cobertura.
- As maiores perdas de amônia por volatilização ocorreram na segunda época de aplicação para as fontes ajifer, uréia e nitrato de amônio.
- A partir de 1 hora e 30 minutos de hidratação dos grãos, observou-se que quanto maior a dose de N aplicada menor a quantidade de água absorvida.

REFERÊNCIAS

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

AIDAR, H. **Cultivo do feijoeiro comum:** características da cultura. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Sistemas de produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>> Acesso em: 10 dez. 2008.

ALVAREZ, A. C. C. et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75, jan./mar. 2005.

ALVES, A. C. **Métodos para quantificar a volatilização de N-NH₃ em solo fertilizado com uréia.** 2006. 41 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal)-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e oleaginosas. **Boletim técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, p. 194- 195, 1997. 2. ed.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. 684 p.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 785-792, 2004.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F. et al. Método de análise química de plantas. **Boletim técnico do Instituto Agronômico de Campinas**, Campinas, n. 78, p. 1-48, 1983.

BINOTTI, F. F. S. et al. Época de aplicação e fontes de nitrogênio em cobertura, na cultura do feijão em sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, X REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

BINOTTI, F. F. S. et al. Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.

BOLOGNA, I. R. et al. Perda de nitrogênio pela parte aérea de plantas de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1106-1111, jul./ago. 2006.

BONETT, L. P. et al. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) **Arquivos em Ciências da Saúde Unipar**, Umuarama, v. 11, n. 3, p. 235-246, set./dez. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Serviço Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.

BRESSANI, R. Revision sobre la calidad del grano de frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 39, p. 419-442, 1989.

BÜLL, L. T. Nutrição do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 63 p.

BUZETTI, S. et al. Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 1, n. 1, p. 11-19, 1992.

CABEZAZ, W. A. R. L.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 14, p. 345-352. 1990.

CAMPANA, M. **Coletores de amônia, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a manejo intensivo**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2008.

CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; TEIXEIRA, J. P. F. Efeito do nitrogênio no teor de proteína e composição em aminoácidos de sementes de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.16, n. 6, p. 795-799, 1981.

CARNICELLI, J. H. A. et al Índices de nitrogênio na planta relacionados com a produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 808-810, 2000. Suplemento.

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, p. 445-450, 2003.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: estação experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico**, Botucatu, n. 1, 1983. 95 p.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011**: quarto levantamento: janeiro/2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 4 jan. 2011.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 631-637, 2003

DIEST, V. A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y sus repercusiones en El rendimiento de arroz. **Noticiarios de la Comisión Internacional del Arroz FAO**, Rome, v. 37, p. 1-6, 1988.

EVANS, R. J., BAUER, D. H. Studis of the poor utilization by the rat of methionine and cystine in heated dry bean seed (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, Easton, v. 26, p. 779-84, 1978.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 88, p. 97-185, 2005.

FARINELLI, R. F. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 28, p.102-109, 2006.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, CNPAF, 2002. 47 p. (Documentos, 135).

FERREIRA, D. F. **Sisvar**. versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003. 79 p.

FERREIRA, M. C. et al. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2006. p. 19-41.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122 p.

FRANCISCO, A. D. M. **Eficiência de fontes de nitrogênio e enxofre na composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal)-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2008.

FURLANI JÚNIOR, E. et al. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Centro de Pesquisa de Desenvolvimento de Grãos e Fibras. **Cultivares**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/UniPesquisa/GraosFibras/Cultivares/Feijao.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

KIKUTI, H. et al. Teores de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 347-354, 2006.

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

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 23-56.

LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 345-352, 1990.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; CARGENLUTTI FILHO, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 167-173, jan./fev. 2008.

LOPES, A. S. (Adap.). **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA; POTAFOS, 1989. 153 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronomia Ceres, 1979. 255 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTHA JÚNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. 2003. 149 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Animais e Forragens)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARTINS, D. **Classificação climática - Botucatu (SP)**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Ciências Ambientais, 2003. Não paginado.

OLIVEIRA, A. P. et al. Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 49-55, 2003.

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S. ; DUTRA, L. G. 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.

OLIVEIRA, I. P. de; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. 589 p.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. **Métodos para avaliar as perdas de nitrogênio por volatilização da superfície do solo e por emissão de amônia pela folhagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 16).

PATRONI, S. M. S. et al. A. Avaliação de diferentes níveis de adubação em três cultivares de feijão carioca. 2- Qualidade nutricional dos grãos. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2002. p. 541-543.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PETRELLI, L. R. T. C. **Doses e modos de aplicação de fósforo na nutrição e produção do feijoeiro cultivar pérola**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. (Coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 1002-1131.

PRIMAVESI, O. et al. **Adubação com uréia em pastagem de Cynodon dactylon cv Coast-cross sob manejo rotacionado: eficiências e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. (Circular técnica, 30).

RAIJ, B. van et al. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim técnico do Instituto Agronômico de Campinas**, Campinas, n. 100, 1997. 2. ed. 285 p.

RAIJ, B. Van.; QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas**, Campinas, n. 81, p. 1-31, 1983.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 75-82, 2005.

RAPASSI, R. M. A. et al. Níveis e fontes de nitrogênio sobre o feijoeiro de inverno. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 12, n. 1, p. 103-115, 2003.

RODRIGUES, J. R. M. **Resposta do feijoeiro (cvs. Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

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.

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

SÁ, M. E. et al. Efeito da adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro, cultivar “Carioca”, cultivado em solo sob vegetação de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, CNPAF, 1982. v. 1, p. 161-163.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. 437 p.

SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Dry beans of *Phaseolus vulgaris*. A review: part 2: chemical composition: carbohydrates, fiber, minerals, vitamins, and lipids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 21, p. 41-91, 1984.

SGARBIERI, V. C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: BULISANI, E. A. **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 257-326.

SGARBIERI, V. C.; ANTUNES, P. L.; ALMEIDA, L. D. Nutricional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, p. 1306-1308, 1979.

SILVA, M. P. **Espaçamentos entrelinhas e doses de nitrogênio em dois cultivares de feijoeiro irrigado no sistema plantio direto**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 739-745, 2006.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A.; Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 739-745, maio 2006.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, p. 1083-1087, 2003.

SILVEIRA, P. M.; DEMASCENO, M. A. Estudos de doses e parcelamento de K e de doses de N na cultura do feijão irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 161.

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

SORATTO, R. P. et al. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 10, n. 1, p. 89-99, 2001.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 895-901, set. 2004.

SOUZA, E. F. C. **Adubação nitrogenada e inoculação de rizóbio no feijoeiro em sucessão ao milho consorciado com braquiárias no sistema plantio direto**. 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 473-481, mar. 2001.

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

TAKEBE, M.; YONEYAMA, T. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. 23, n. 1, p. 86-93, 1989.

TEIXEIRA, I. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) submetido a diferentes densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada.** 1998. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

TRIVELIN, P. C. O. ; FRANCO, H. C. J. Balanço de nitrogênio de fertilizantes em sistemas agrícolas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008, Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental:** anais... Londrina: SBCS; EMBRAPA Soja, 2008. p. 1-3.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão:** aspectos gerais da cultura no Estado de Minas. Viçosa: UFV, 1998. p. 123-152.

YOKOYAMA, L. P. **Cultivo do feijoeiro comum importância econômica.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. (Sistemas de produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

YOKOYAMA, L. P. et al. Sementes de feijão: produção, uso e comercialização. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. (Eds.). **Sementes de feijão:** produção e tecnologia. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2000. p. 249-270.