



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS**

**RENDIMENTO DE GRÃOS E ABSORÇÃO DE  
NUTRIENTES EM FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE NITROGÊNIO EM SEMEADURA E  
COBERTURA**

**GUILHERME BORÉM LOBATO MOREIRA**

**2011**

**GUILHERME BORÉM LOBATO MOREIRA**

**RENDIMENTO DE GRÃOS E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM  
FEJJOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM  
SEMEADURA E COBERTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**Orientador**  
**Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro**

**JANAÚBA**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2011**

M838r

Moreira, Guilherme Borém Lobato.

Rendimento de grãos e absorção de nutrientes em feijoeiro submetido em função de doses de nitrogênio em semeadura e cobertura [manuscrito] / Guilherme Borém Lobato Moreira – 2011.

81 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2011.

Orientador: Prof. D. Sc. Rodinei Facco Pegoraro.

1. Absorção de nutrientes. 2. Feijão. 3. Nitrogênio. I. Pegoraro, Rodinei Facco. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 635.652

**GUILHERME BORÉM LOBATO MOREIRA**

**RENDIMENTO DE GRÃOS E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM  
FEJÓEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM  
SEMEADURA E COBERTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**APROVADA em 30 de agosto de 2011.**

Prof. D.Sc.. Rodinei Facco Pegoraro  
(Orientador)

Prof. D.Sc. Marcos Koiti Kondo  
(Coorientador - UNIMONTES)

Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Neiva Maria Batista  
Vieira  
(Coorientador – IFSULDEMINAS-  
Campus Machado)

D.Sc. Arley Figueiredo Portugal  
(Coorientador - EMBRAPA)

**JANAÚBA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011**

*Ao Deus Maravilhoso e Eterno;  
Aos meus amados pais, Hamilton e Eliane;  
Aos meus irmãos, Hamilton e Heloisa;  
Ao meu filho, Guilherme;  
A todos que me ajudaram.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro;

Agradeço a Deus, por ser o grande arquiteto de todas as coisas concedendo-me o dom mais precioso do universo: a Vida. Já por isso seria infinitamente grato. Em especial neste momento, por permitir a concretização de tornar-me mestre em Produção Vegetal no Semiárido

Aos meus amados pais, Hamilton e Eliane, pelo apoio incondicional, amor, carinho, presença, incentivo e confiança sempre;

Ao meu Filho, Guilherme Filho, por ser a razão de minha vida

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, pela sua competência enquanto instituição;

À CAPES, pela concessão da bolsa que contribuiu para o bom aproveitamento do curso.

Aos professores Rodinei e Neiva por toda orientação, ensinamentos, compreensão, amizade e confiança demonstrados ao longo desses anos de trabalho e convivência;

A todos que me ajudaram na condução deste experimento

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>i</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMO GERAL</b> .....	<b>v</b>
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Aspectos Gerais.....	3
2.2 Estádios Fenológicos .....	5
2.3 Características agronômicas.....	5
2.4 Marcha e acúmulo de nitrogênio no feijoeiro. ....	8
2.5 Absorção e acúmulo de nutrientes pelo feijoeiro. ....	10
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I - DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEJJOEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM SEMEADURA.</b>	<b>23</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>24</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>25</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO II - MARCHA DE ABSORÇÃO, ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES NA CULTURA DO FEJJOEIRO</b> .....	<b>45</b>

<b>RESUMO.....</b>	<b>46</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>47</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
2.1 Caracterização da área experimental .....	50
2.2 Cultivar .....	50
2.3 Delineamento estatístico e tratamentos .....	50
2.4 Análises estatísticas .....	51
2.5 Implantação e condução do experimento .....	52
2.6 Características avaliadas .....	53
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
3.1 Acúmulo macronutrientes.....	56
3.2 Marcha de absorção de N, P e K.....	62
3.3 Marcha de absorção e exportação de Ca, Mg e S .....	66
3.4 Exportação de macronutrientes .....	69
3.5 Acúmulo de micronutrientes.....	69
3.6 Marcha de absorção de micronutrientes .....	70
3.7 Exportação de micronutrientes.....	74
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 - Etapas de desenvolvimento e características morfológicas de fases do ciclo do feijoeiro.....</b>	<b>5</b>
<b>TABELA 2 - Resultado da análise química de amostras de solo (0-20 cm) da área onde foi conduzido o experimento. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....</b>	<b>29</b>
<b>TABELA 3 - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao Estande inicial (EI), Estande final (EF), número médio de vagens por planta (V/Pl), número médio de grãos por vagem (Gr/V), massa média de 100 grãos (M100) de feijoeiro em função de doses de N no plantio e em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2010. ....</b>	<b>31</b>
<b>TABELA 4 - Número de grãos por vagem do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....</b>	<b>36</b>
<b>TABELA 5 - Massa de 100 grãos do do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....</b>	<b>36</b>
<b>TABELA 6 - Resultado da análise química de amostras de solo (0-20 cm) da área onde foi conduzido o experimento de primavera – verão. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ....</b>	<b>53</b>
<b>TABELA 7 - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S do feijoeiro em função</b>	

de doses de N no plantio e cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....	56
TABELA 8 - Acúmulo de macronutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) na parte aérea do feijoeiro determinados por diferentes autores. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....	62
TABELA 9 - Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para a marcha de absorção dos macronutrientes N, P e K. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....	64
TABELA 10 - Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para a marcha de absorção dos macronutrientes Ca, Mg e S. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....	67
TABELA 11 - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo micronutrientes Cu, Fe, Zn Mn do feijoeiro em função de doses de N no semeadura e cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....	70
TABELA12 - Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para a marcha de absorção dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ....	72

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 - Estande inicial do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ...</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 2 - Estande final do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 3 - Número de Vagens do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 4 - Rendimento de Grãos (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>) do feijoeiro após adição de doses crescentes de N em semeadura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011 .....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 5 - Acúmulo de N do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011 ....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 6 - Acúmulo de K em do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011 ....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 7 - Acúmulo de Ca do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ...</b>	<b>61</b>

<b>FIGURA 8 - Marcha de absorção e acúmulo relativo de N, P e Ca em função de doses de N em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 9 - Marcha de absorção e acúmulo relativo de Mg, Ca e S em função de doses de N em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011 .....</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 10 - Marcha de absorção e acúmulo relativo de Cu, Fe Zn Mn em função de doses de N em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011. ....</b>	<b>73</b>

## RESUMO GERAL

MOREIRA, Guilherme Borém Lobato. **Rendimento de grãos e absorção de nutrientes em feijoeiro em função de doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura.** 2011.81 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>1</sup>

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada em semeadura e cobertura nos componentes de produção, rendimento de grãos e acúmulo de nutrientes na cultura do feijoeiro, em plantio convencional irrigado. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x4, correspondendo a quatro doses de nitrogênio em semeadura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>). Foram avaliadas as características: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa média de 100 grãos, estande final, rendimento de grãos, a marcha de absorção e o conteúdo final de macro e micronutrientes na cultura. Cada parcela foi composta por 6 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas, totalizando 15 m<sup>2</sup>. As quarta e quinta linhas foram utilizadas para avaliação. Todos os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa Sisvar, e quando significativo (P<0,05) foi feita a análise de regressão para as doses de N em semeadura e cobertura, para as características avaliadas. Considerando apenas N semeadura, o número de vagens por planta e a produtividade eleva-se com o incremento de N até 120 kg ha<sup>-1</sup>. Apesar da interdependência das doses de N no plantio e em cobertura, maiores acréscimos de rendimento de grãos são obtidos em função das doses de N no plantio. Não foi observada diferença entre doses de N em plantio e coberta para o estande inicial e para o peso de 100 grãos. A absorção de nutrientes na cultura do feijoeiro seguiu a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>S>Mg>P>Mn>Zn>Fe>Cu e, a exportação de nutrientes pelos grãos seguiu a ordem decrescente: K=N>S>Ca>P<Mg>Mn>Fe>Zn>Cu. A absorção de N, K, Ca foi influenciada pelas doses de N em cobertura, respondendo de forma cúbica. A absorção de P, Mg, S não foi influenciada pelas doses de N em semeadura, N em cobertura ou pela interação delas. Os valores absorvidos médios de macronutrientes e micronutrientes e as suas quantidades extraídas

---

<sup>1</sup> Comitê de Orientação: Prof Rodinei Facco Pegoraro - DCA/UNIMONTES (Orientador); Prof. Marcos Koiti Kondo - DCA/UNIMONTES - DCA/UNIMONTES; Prof. Neiva Maria Batista Vieira – IFSULDEMINAS; Pesquisador Arley Figueiredo Portugal –EMBRAPA.

situaram-se nas faixas consideradas normais. A maior taxa de absorção de macronutrientes situou-se entre 50-60 DAE entre os estádios R7 e R8, com exceção para o Ca que teve maior absorção no estádio R9, e a maior taxa de absorção de micronutrientes situou-se entre 40-50 DAE entre os estádio R6 e R7.

## GENERAL ABSTRACT

MOREIRA, Guilherme Borém Lobato. **Grain yield and nutrient uptake in common bean according to doses of nitrogen at sowing and topdressing.** 2011. 81 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production in the Semi-arid)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.<sup>2</sup>

This study was carried out in order to evaluate the effect of nitrogen fertilization at **sowing and topdressing** on components of production, grain yield and accumulation of nutrients in the bean crop in irrigated conventional tillage. The experimental design was in randomized blocks with three replications in a factorial scheme 4x4, corresponding to four nitrogen levels at sowing (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and four doses of nitrogen (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) on topdressing. These characteristics were evaluated: number of pods per plant, number of grains per pod, average weight of 100 grain, final stand, grain yield, the mineral absorption and final content of macro and micronutrients in the crop. Each plot was composed of 6 rows of 5 meters long, with 0.5 meters spacing between rows, totaling 15 m<sup>2</sup>. The fourth and fifth rows were used for evaluation. All of data were submitted to analysis of variance by means of Sisvar program, and when significant (P <0.05) was performed regression analysis for the doses of N at sowing and topdressing one for the evaluated characteristics. Considering only sowing N, the number of pods per plant and productivity is risen with the increase of up to 120 kg N / ha<sup>-1</sup>. Despite the interdependence of doses of N at planting and topdressing, major increases of grains yield are obtained depending on the doses of N at planting. It was not observed difference between doses of nitrogen in planting and topdressing for the stand and the initial weight of 100 grains. The nutrients uptake in the bean crop followed the decreasing order: K> N> Ca> S> Mg> P> Mn> Zn> Fe> Cu and the nutrients export by the grains followed the decreasing order: K = N> S> Ca> P <Mg> Mn> Fe> Zn> Cu. The absorption of N, K, Ca was influenced by the doses of N in topdressing in cubic way. The absorption of P, Mg, S was not affected by the dose of N at sowing, in topdressing or by their interaction. The average values absorbed of macronutrients and micronutrients and their extracted quantities were in the range considered normal one. The highest rate of absorption of macronutrients was between 50-60 DAE between R7 and R8 stages, except for Ca which presented higher absorption in the R9 stage, and the

---

<sup>2</sup> Guidance Committee: Prof. Rodinei Facco Pegoraro - ASD/UNIMONTES (Adviser); Prof. Marcos Koiti Kondo - ASD/UNIMONTES - ASD/UNIMONTES; Prof. Neiva Maria Batista Vieira – IFSULDEMINAS; Researcher Arley Figueiredo Portugal –EMBRAPA

highest rate of absorption of micronutrients was between 40-50 DAE between R6 and R7 stages.



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar do brasileiro, por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças. Além do papel relevante na alimentação do brasileiro, também é considerado um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, devido, principalmente, à mão de obra empregada durante o ciclo da cultura.

A escassez de informações quanto a essas exigências nutricionais de híbridos de alto potencial produtivo para as condições tropicais brasileiras justifica a realização de estudos que contemplem esses genótipos, quanto às suas exigências nutricionais. Os poucos trabalhos de pesquisa conduzidos sobre o assunto foram realizados há muitos anos e contemplam cultivares muito diferentes das atualmente utilizadas pelos agricultores.

O Brasil é o segundo produtor mundial de feijão do gênero *Phaseolus* e o primeiro na espécie *Phaseolus vulgaris*. O consumo nacional de feijão é de cerca de 16 kg hab<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, existindo preferências de cor, tipo de grão e qualidade culinária em algumas regiões do País. O cultivo é realizado ao longo do ano, na maioria dos estados brasileiros, proporcionando constante oferta do produto no mercado, sendo produzido em pequenas propriedades como cultura de subsistência até empresas agrícolas altamente tecnificadas.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes na nutrição da planta, pois é constituinte básico da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas, dos ácidos nucleicos e de outros compostos do seu metabolismo, de modo que a produtividade de plantas cultivadas está diretamente relacionada à sua nutrição nitrogenada.

O feijão é muito exigente em termos nutricionais, principalmente com relação ao nitrogênio e potássio evidenciando a importância da adubação bem realizada, visando a suprir todas as necessidades da cultura. Diversos pesquisadores têm-se preocupado em estudar os efeitos de doses, parcelamentos, épocas e modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados para o feijão e seus reflexos na produtividade.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada em semeadura e cobertura no rendimento de grãos e seus componentes, acúmulo de nutrientes na cultura do feijoeiro, em plantio convencional irrigado, na safra de outono- inverno na região Norte de Minas Gerais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos Gerais

O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão do mundo, seguido por Índia, China, México, Estados Unidos e Uganda (ZUPPI *et al.*, 2005), considerando somente o gênero *Phaseolus*. No Brasil, o cultivo do feijoeiro está difundido em praticamente todo o território nacional, porém, grande parte da produção está concentrada em apenas alguns estados, Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Ceará, Pernambuco e Pará (CONAB, 2011). O feijoeiro pode ser cultivado nos mais variados tipos de solo, clima e, principalmente, sistemas de produção, tais como cultivo solteiro, consorciado ou ainda intercalado com uma ou mais espécies (VIEIRA *et al.*, 1999).

Geralmente, essa leguminosa é cultivada nas pequenas propriedades rurais, como cultivo de subsistência. Nesse contexto, uma parcela significativa da produção brasileira de feijão é oriunda dessas propriedades, em módulos de área que vão de 1 a 50 ha (MOREIRA *et al.*, 2003). Dessa forma, mesmo sendo grande a área de cultivo no Brasil, a produção não consegue satisfazer a demanda interna. Isso se deve à baixa produtividade dos cultivos dessas regiões, que oscilam entre 500 e 700 kg ha<sup>-1</sup>, e que, por sua vez, está associada à falta de assistência técnica, de crédito e de mercado estável, ao baixo nível tecnológico, à ocorrência de problemas fitossanitários e ao baixo uso de insumos (MORALES-GARZON, 2000).

No Estado de Minas Gerais, a cultura do feijão apresenta uma relevante participação no aspecto social e econômico, já que é cultivado em todo o Estado, com os mais variados níveis tecnológicos e sistemas de produção (FERREIRA *et al.*, 2005; ABREU *et al.*, 2004.), compreendendo, aproximadamente, 300 mil

propriedades, em uma área total superior a 500 mil hectares, com uma demanda de 7,5 milhões de dias homens<sup>-1</sup>, constituindo-se em uma grande empregadora de mão de obra (RAMALHO & ABREU, 2002).

Os grãos de feijão representam uma importante fonte de proteína na dieta da população dos países em desenvolvimento, das regiões tropicais e subtropicais. A proteína do feijão é rica em lisina (aminoácido essencial para os humanos), porém pobre nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, também essenciais ao homem (YOKOYAMA *et al.*, 2000). Os mesmos autores afirmam ainda que os cereais, por sua vez, são pobres em lisina, mas, ricos em aminoácidos sulfurados, o que torna a tradicional dieta brasileira, arroz com feijão, complementar em termos de aminoácidos essenciais.

O feijão possui alto conteúdo de carboidratos e vitaminas do complexo B. A composição centesimal do feijão varia de acordo com o local de plantio, fatores ambientais e com a cultivar. Em média, o conteúdo de proteínas encontra-se entre 22 e 26%, carboidratos entre 62% e 67%, cinzas entre 3,8% e 4,5%, lipídeos entre 1,0% e 2,0%, e fibras brutas entre 3,8% e 5,7% (LAJOLO, 1996).

O feijão possui um alto nível de variabilidade para cor, tamanho e forma da semente. O Brasil é dividido por regiões que possuem preferências diferentes quanto ao tipo de grão, cor e tamanho. O tipo de feijão mais consumido pelas pessoas no país é o de sementes pequenas. Como exemplo, tem-se o feijão preto, que é mais consumido no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo. O feijão do tipo carioca é aceito em praticamente todo o país (VIEIRA *et al.*, 1999).

## 2.2 Estádios Fenológicos

Para uma maior segurança, nas ações de manejo da cultura do feijão, é recomendado o uso de uma escala (TABELA 1), de acordo com mudanças morfológicas, considerando eventos fisiológicos, que sucedem eventos no ciclo desta cultura denominada escala fenológica ( DOURADO NETO *et al.*, 2000.)

**TABELA 1** - Etapas de desenvolvimento e características morfológicas de fases do ciclo do feijoeiro.

Fase Fenológica	Código de Identificação	Caracterização da fase
Vegetativa	V0	Início da germinação
	V1	Cotilédones ao nível do solo
	V2	Folhas primárias expandidas
	V3	Primeira folha trifoliada
	V4	Terceira folha trifoliada
Reprodutiva	R5	Formação dos botões florais
	R6	Abertura da primeira flor
	R7	Surgimento das vagens
	R8	Primeiras vagens cheias
	R9	Maturidade fisiológica

## 2.3 Características agronômicas

A utilização de insumos de forma adequada, como sementes de boa qualidade e irrigações, tem permitido a obtenção de produtividade bem acima da média nacional (SANTOS *et al.*, 2003). Entretanto, são necessários ajustes nas técnicas de manejo, adequando-as aos diferentes sistemas de cultivo. A adubação nitrogenada é uma delas, embora o feijoeiro, via associação com a bactéria do gênero *Rhizobium*, atenda parte da sua exigência, a quantidade

fornecida por esse processo normalmente é insuficiente, necessitando ser complementada por meio da adubação mineral.

O feijoeiro é considerado planta exigente em nutrientes, em decorrência do sistema radicular superficial e ciclo curto (ROSOLEM & MARUBAYASHI, 1994), os quais devem ser disponibilizados à planta, em tempo e locais adequados. Valério *et al.* (2003) verificaram que é possível a obtenção de produtividades próximas do rendimento máximo (no caso, acima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup>), utilizando apenas N na semeadura. Dados semelhantes foram observados por Kiehl *et al.* (1993) e Carvalho *et al.* (2001) quando verificaram que a aplicação de todo o nitrogênio na semeadura resulta em produtividade semelhante à dos tratamentos com parcelamento

O nitrogênio tem um papel fundamental e é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e denitrificação no sistema solo-planta (FAGERIA e BALIGAR, 2005), por isso o manejo adequado da adubação nitrogenada é tido como um dos mais difíceis (SANTOS *et al.*, 2003). Dessa forma, técnicas de manejo que possibilitem a maximização de absorção de N pelo feijoeiro são de extrema importância devido ao alto custo de fertilizantes nitrogenados e às perdas já citadas, que podem representar riscos ao ambiente pela contaminação de mananciais de água (SANTOS *et al.*, 2003).

Conforme Carvalho *et al.* (2001), a adubação nitrogenada deve ser realizada de modo a propiciar uma boa nutrição da planta e na época em que ainda é possível aumentar o número de vagens por planta, isto é, até o início do florescimento. Estudos mostraram aumentos significativos na produção de grãos de feijão com aplicação total de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N (CARVALHO *et al.*, 2003) ou, mesmo, 167 kg ha<sup>-1</sup> de N (SANTOS *et al.*, 2003). Entretanto, muitas dúvidas ainda permanecem para a implementação de manejo racional da adubação nitrogenada dessa leguminosa, como, por exemplo, sobre as reais vantagens do parcelamento e do requerimento total de N.

Além disso, o maior argumento a favor desse parcelamento tem sido a possibilidade de lixiviação do N quando aplicado em dose elevada na semeadura, embora alguns resultados tenham indicado que talvez venha se dando excessiva importância à lixiviação do N (URQUIAGA *et al.*, 1984).

Valério *et al.* (2003) verificaram que é possível a obtenção de produtividades próximas do rendimento máximo (no caso, acima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup>), utilizando apenas N na semeadura, com redução da dose total de N, pois na dose zero de N em cobertura, a resposta às doses de N na semeadura foi linear até a dose máxima utilizada (120 kg ha<sup>-1</sup> de N). Isso significa que essa dose máxima não foi capaz de causar injúrias às sementes e prejuízos à emergência das plântulas.

Chidi *et al.* (2002), em área com alta relação C/N, constataram que a aplicação do N em cobertura via solo proporcionou aumento no teor de N foliar, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro. Stone e Moreira (2001) verificaram que o número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade do feijoeiro responderam significativamente a 0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicados em cobertura, aos 35 DAE, sob sistema de plantio direto. Todavia, em outros trabalhos realizados, como os de Arf *et al.* (2004) e Silva *et al.* (2006), em plantio direto e convencional, o rendimento de grãos do feijoeiro não foi influenciado pelas doses de 0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicadas em cobertura.

Soratto *et al.* (2003) estudaram o parcelamento do N na cultura do feijoeiro usando como fonte o nitrato de amônio, aplicado na semeadura, em cobertura ou ainda parcelado na semeadura e cobertura aos 22 dias após a emergência do feijoeiro, cultivar IAC Carioca Eté. Os autores concluíram que a aplicação de todo o N em cobertura proporcionou produtividade de grãos maior devido à maior disponibilidade do nutriente na época do florescimento da

cultura, que pode ter favorecido o pegamento de vagens, resultando, assim, em maior número de vagens por planta e, por consequência, maior produtividade.

#### **2.4 Marcha e acúmulo de nitrogênio no feijoeiro.**

Segundo Oliveira *et al.* (2004), o feijoeiro apresenta deficiência de nitrogênio quando ocorrem teores menores que  $20 \text{ g kg}^{-1}$  de N de matéria seca, apresentando, além de outros sintomas, folhas com coloração verde-pálida e amarelada, produção de sementes menores e em menor número. Outros autores tais como Tirani *et al.* (1983); Ambrosano *et al.* (1997); Malavolta *et al.* (1997) consideram o valor de  $30 \text{ g kg}^{-1}$  como o mínimo adequado para o feijoeiro.

Carvalho *et al.* (2003), estudando o comportamento da cv. IAC Carioca, em plantio direto, em relação à época e dose de aplicação de N, observaram que houve efeito significativo das doses de N aplicadas sobre o teor de N foliar. Na medida em que se aumentou a dose de N, em cobertura, houve incremento do teor de N aplicado ao solo, sendo o teor máximo alcançado na dose de  $108 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, o que também foi verificado por Bassan *et al.* (1999), trabalhando com cultivares do mesmo grupo e em condições semelhantes de clima e solo. Nesse estudo, Carvalho *et al.* (2003) encontraram valores de N foliar variando de 28,31 a  $43,46 \text{ g kg}^{-1}$  na dose de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Almeida & Bulisani (1980), trabalhando com a cv. Carioca, mostraram que o feijoeiro apresenta uma absorção crescente de N a partir dos 20 DAE. Brito (1992) afirmou que o acúmulo de matéria seca e de N absorvido pela cv. Carioca aumenta significativamente a cada etapa do ciclo cultural, sendo maior no período de enchimento de vagens e maturação fisiológica, entre 47 e 78 DAE. Caballero *et al.* (1985) verificaram que a absorção máxima de nitrogênio vai até, aproximadamente, 80 DAE, o que está de acordo com Rosolem (1987),



que relata aumento no peso de 100 sementes na cv. Carioca com a aplicação de nitrogênio após o florescimento da cultura.

Segundo Arf *et al.* (1999), a absorção de N pela cv. Carioca ocorre durante todo o ciclo da cultura, mas a época em que a velocidade de absorção é máxima acontece dos 35 aos 50 DAE. Na cv. Chumbinho Opaco, este período foi de 33 a 44 DAE, com 2,46 kg de N ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (GALLO & MIYASAKA, 1961), enquanto que Boaretto & Rosolem (1989) encontraram a máxima velocidade de absorção de N pelo feijoeiro durante o estágio de florescimento da cultura. Westermann *et al.* (1981) observaram absorção de até 3,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no período de enchimento de grãos, num estudo realizado com nove cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*).

Piaskowski *et al.* (2001), estudando o comportamento da cv. TPS Nobre em relação à adubação nitrogenada em cobertura, em plantio direto, constataram que as maiores doses de N empregadas propiciaram maior acúmulo de matéria seca, maior número de vagens e de sementes por planta no estágio R8 (enchimento de grãos), além de plantas mais altas, por ocasião do estágio R9 (maturação), alcançando valor médio de 85,56 cm. Esses resultados são compatíveis com os encontrados por Farinelli *et al.* (2006), que observaram que a matéria seca e número de vagens por planta responderam de forma linear às doses de N na cv. Pérola, em plantio direto e convencional. Neste último estudo também se verificou que a maior dose de nitrogênio estudada (160 kg ha<sup>-1</sup>), independentemente do sistema de plantio, proporcionou maiores teores foliares, em torno de 40 g kg<sup>-1</sup>.

De todo o N absorvido, aproximadamente 50% é exportado para os grãos e o restante permanece no solo, na forma de resíduos culturais (OLIVEIRA *et al.*, 2004; FAGERIA *et al.*, 1999).

## 2.5 Absorção e acúmulo de nutrientes pelo feijoeiro

A exigência nutricional do feijoeiro, em ordem decrescente, segundo Andrade *et al.* (2004), é a seguinte: N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, Mn, B, Zn e Cu e a exportação pelos grãos, é: N, K, P, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B e Cu. conforme Vieira (2006), para um rendimento de grãos de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> há, uma exportação de aproximadamente 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 50 kg ha<sup>-1</sup> de K, 15 kg ha<sup>-1</sup> de S, 10 kg ha<sup>-1</sup> de P e 10 kg ha<sup>-1</sup> de Ca.

No feijoeiro, as faixas críticas mais utilizadas para os teores foliares são as propostas por Wilcox e Fageria (1976), com variações em g kg<sup>-1</sup>: N - 28,0 a 60,0; P - 2,5 a 5,0; K - 18,0 a 50,0; Ca - 8,0 a 30,0; Mg e S - 2,5 a 7,0 e considerando a coleta da primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo (30 folhas por hectare), coletadas no início da floração do feijoeiro, as de Malavolta *et al.* (1997) com valores em g kg<sup>-1</sup>: N - 30,0 a 50,0; P - 2,0 a 3,0; K - 20,0 a 25,0; Ca - 15,0 a 20,0; Mg - 4,0 a 7,0; S - 5,0 a 10,0, utilizados como faixas críticas para avaliação do estado nutricional da cultura pela diagnose foliar. Ainda, em Minas Gerais, Martinez *et al.* (1999) recomendam a utilização dos seguintes valores de referência para interpretação dos resultados da análise de folhas amostradas do terço mediano da planta de feijão em g kg<sup>-1</sup> de massa seca: para N - 30,0 a 35,0; P - 4,0 a 7,0; K - 27,0 a 35,0; Ca - 25 a 35; Mg - 3,0 a 6,0; S - 1,5 a 2,0.

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados nas plantas, principalmente na parte colhida, é importante para se avaliar a remoção dos nutrientes da área de cultivo e, tornou-se um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes minerais na matéria seca. Porém, existem grandes diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas por uma cultura, além de depender da produtividade. Por outro lado, a absorção de nutrientes é

diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, se intensificando no florescimento, na formação dos frutos ou do órgão que será colhido. Por isso, além da quantidade absorvida de nutrientes, deve ser considerada, também, a sua concentração nos diferentes estádios de desenvolvimento (HAAG *et al.* 1981; VITTI *et al.*, 1994; MALAVOLTA *et al.*; 1997; FAGERIA 1997).

A utilização de curvas de acúmulo de nutrientes como parâmetros para recomendar adubação é uma boa indicação da necessidade de nutrientes em cada etapa do desenvolvimento da planta. Tais curvas podem indicar as quantidades de nutrientes absorvidas para se atingir certa massa do material seco e auxiliar, assim, no estabelecimento de um programa de fertilização de solo para a cultura (COELHO & TELLA 1967; FAGERIA 1989; VILLAS BOAS *et al.* 2001).

De acordo com Hagg *et al.* (1967), as curvas de crescimento e de absorção de nutrientes pelas plantas, em virtude de sua idade, fornecem informações de grande importância, podendo-se ter a ideia da quantidade de nutrientes absorvidos e da intensidade relativa de absorção durante o ciclo da cultura. Pelo exame dessas curvas, pode-se evidenciar em quais períodos as plantas absorvem, em maior proporção, os nutrientes essenciais, dando informações básicas sobre as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes (HAAG *et al.*, 1967).

Com relação à absorção e acúmulo de nutrientes pelo feijoeiro, muitos estudos têm sido realizados no sentido de verificar a época de máxima absorção dos nutrientes pela cultura e o teor desses presentes na planta.

Em estudo realizado por Gallo & Miyasaka (1961), relata-se que o conhecimento da variação na composição química da planta, durante o seu ciclo vegetativo, constitui característica de grande valor para o esclarecimento dos problemas básicos de nutrição e adubação. Diante disso, determinaram-se as concentrações de macronutrientes nas diversas partes da planta, em várias fases do ciclo da cultura para a cv. Chumbinho Opaco, e determinaram que as

porcentagens dos elementos nas raízes, hastes, folhas e frutos, com exceção do cálcio, decresceram no período de florescimento e início da formação dos grãos, tendo crescido nos estádios finais do ciclo.

Os grãos apresentaram maior teor de nitrogênio e fósforo, e teores mais baixos de cálcio, magnésio e enxofre que as demais partes da planta. Potássio, cálcio e magnésio figuravam em concentrações mais elevadas nas folhas. O acúmulo de nutrientes foi mais intenso no período do florescimento e início da formação das vagens, isto é, do 33º ao 44º dia; em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  da ordem de 2,46 kg para nitrogênio, 2,17 kg para potássio, 1,27 kg para cálcio, 0,53 kg para magnésio, 0,27 kg para fósforo e 0,26 kg para enxofre, nas plantas adubadas. Apresentaram ainda a percentagem de nutrientes exportada pela cultura em relação à quantidade absorvida: nitrogênio 66%; fósforo 67%; enxofre 44%; potássio 33%; magnésio 27% e cálcio 11%.

Ao avaliar o crescimento e a absorção de nutrientes de cinco cultivares de feijoeiro em condições de casa de vegetação, Bulisani (1994) observou que, em geral, as raízes reduziram seu crescimento antes que as demais partes, sendo seguidas pelas hastes e posteriormente pelas folhas. As hastes atuaram, logo após o florescimento, como armazenadoras de fotossintetizados. Para os grãos, foi apontado um intenso acúmulo de matéria seca nos últimos vinte dias do ciclo. Os elementos nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo seguiram a ordem de grandeza decrescente de acúmulo de nutrientes, sendo a matéria seca produzida a grande determinante da quantidade de nutrientes absorvida. Dentre as cultivares, a Goiano Precoce apresentou os mais baixos índices entre quantidade exportada e quantidade absorvida, mostrando baixa eficiência de translocação tanto de matéria seca quanto de nutrientes.

Lima *et al.* (2001), trabalhando com adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro, observaram que as concentrações de N não decresceram com o maior crescimento das

plantas adubadas com NK. Não houve influência da adubação NK sobre a concentração de N. Verificaram ainda que as doses de NK influenciaram positivamente as concentrações de P. Porém, no experimento, as doses de K empregadas, juntamente com as diferentes doses de N, não interferiram significativamente nas concentrações de K da parte aérea das plantas de feijão. O efeito estimulante do cálcio sobre a absorção de potássio foi observado quando o mesmo estava em baixas concentrações. A adubação NK em cobertura não concorreu para aumentar a concentração de N e Mg da parte aérea do feijoeiro.

Ramos (2006), analisando níveis de fósforo e épocas de semeadura na extração de nutrientes da cultivar de feijão Carioca precoce, apontou o acúmulo total de nutrientes (folhas + caule + vagens + grãos) para cada período de desenvolvimento da cultura. Aos 10 dias após a emergência (DAE), o autor aponta que os nutrientes fósforo, magnésio e enxofre apresentaram quantidades acumuladas maiores em decorrência das doses de P aplicadas. Já o Zn aumentou os acúmulos até a dose de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , decrescendo nas doses maiores.

Os demais nutrientes não apresentaram diferenças significativas. Aos 25 DAE, observou-se que, para todos os nutrientes, os efeitos das doses foram significativos. Houve elevação das quantidades acumuladas, em todos eles, até a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , diminuindo somente na maior dose ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Aos 40 DAE, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco apresentaram acréscimos nas quantidades acumuladas, seguindo as doses crescentes de P aplicadas (ALVES 2002; BREDEMEIER *et al.* 2000). Somente o enxofre apresentou resultado diferente dos demais, ou seja, aumentou o acúmulo até  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , reduzindo-se posteriormente, nas maiores doses. Aos 55 DAE, pôde-se observar que somente o cobre apresentou diferenças significativas, aumentando as quantidades acumuladas do nutriente conforme se aumentaram as doses de P aplicadas. Apesar de não significativos,

todos os nutrientes apresentaram tendência de aumento nas quantidades acumuladas, seguindo as doses de P aplicadas.

E por fim, aos 70 DAE, pode-se observar que todos os nutrientes avaliados foram afetados significativamente. Entre os macronutrientes, acréscimos nas quantidades acumuladas ocorreram até a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, reduzindo-se nas maiores doses. Ocorreu o mesmo para os micronutrientes manganês e zinco. Já para o cobre, ocorreram acréscimos nas quantidades acumuladas até os 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Kikuti *et al.* (2005) estudaram a extração de macronutrientes do feijoeiro BRS-MG Talismã quanto a doses de fósforo e nitrogênio. Eles constataram que tanto as de N como as de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> influenciaram os teores de macronutrientes da parte aérea do feijoeiro. Relata que tais diferenças nos teores não resultaram em expressivas alterações, visto que permaneceram na faixa de teor considerada adequada. A produtividade máxima foi obtida com a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Andrade *et al.* (2005) pesquisaram o efeito de doses de nitrogênio e fósforo nos teores de micronutrientes presentes na parte aérea do feijoeiro. Constataram que a aplicação de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no feijoeiro BRS-MG Talismã resultou em alterações nos teores de B, Cu, Mn e Zn na parte aérea e que os teores de micronutrientes correspondentes às máximas produtividades se mantêm próximos às faixas consideradas adequadas.

Boawn *et al.* (1969) verificaram que o número de dias do plantio à colheita está relacionado ao teor de zinco tanto nas folhas como na parte aérea no período do pré-florescimento. Apontam que o período ótimo de maturação é associado a 20 mg kg<sup>-1</sup> ou mais de zinco nesses tecidos. Abaixo desse valor, o número de dias para atingir a maturidade cresce rapidamente, tendo sido observado que, com teor menor que 15 mg kg<sup>-1</sup> de zinco, ocorreu um aumento superior a 30 dias para as plantas atingirem a maturidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B.; DEL PELOSO, M. J. **Cultivares de feijoeiro comum para o Estado de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 4 p. (Circular Técnica 65)

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

ALMEIDA, L. D.; BULISANI, E. A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 236-43, 1980.

AMBROSANO, E. J. *et al.* Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. p. 189-203. (Boletim Técnico, 100)

ANDRADE, C. A. B. *et al.* Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1077 a 1086, 2004.

ANDRADE, M. J. B. *et al.* Teores de micronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1097-1101.

ARF, O. *et al.* Efeito de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. **Resumos expandidos...** Goiânia: EMBRAPA, 1999. p. 876-879.

ARF, O. *et al.* Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

BASSAN, D. A. Z. *et al.* Efeito da inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio sobre a produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no período de inverno. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. **Resumos expandidos**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 1999. p. 785-787.

BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 669 p.

BOAWN, L. C., RASMUSSEN, P. E., BROWN, J. W. Relationship between tissue zinc levels and maturity period of field beans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, p. 49-51, 1969.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BRITO, M. M. P. **Marcha de absorção de nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação biológica em caupi (*Vigna unculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando 15N**. 1992. 197 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1992.

BULISANI, E. A. **Crescimento e absorção de nutrientes em cinco cultivares de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L.** 1994. 150 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

CABALLERO, S. V. *et al.* Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1031-1040, set. 1985.

CAMARGO, F. A. O.; SÁ, E. L. S. de. Nitrogênio e adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A. *et al.* (Eds.) **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 93-116.



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

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-MG, v. 27, n. 3, p. 445-450, maio/jun. 2003.

CHAGAS, J. M. *et al.* Modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura de feijoeiro irrigado no inverno. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2002, p.734-736.

CHIDI, S. N. *et al.* Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, Oct. 2002.

COELHO, F. A. S., TELLA, R. de. Absorção de nutrientes pela planta de amendoim em cultura de primavera. **Bragantia**, Campinas, v. 26, p. 393-408, 1967.

FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C., JONES, C. L. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. 624 p.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012..** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acessado em 2 de Março de 2011.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

FAGERIA, N. K. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. **Tropical Agriculture**, Thrissur, v. 66, p. 249-55, 1989.

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

FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C., JONES, C. L. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 1997. 624 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa-SCT/Embrapa-CNPAP, 1999. 294 p.

FARINELLI, R. *et al.* Adubação nitrogenada do cobertura do feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006.

FERNANDES, F. A. *et al.* Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n.1, p.7-15, 2005.

GALLO, R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 40, p. 867-84, 1961.

HAAG, H.P. *et al.* Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 26, p.381-91, 1967.

HAAG, H. P. *et al.* Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H. P., MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p. 447-474.

KIEHL, J. C. *et al.* Rates and methods of applying urea to common beans. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 254- 260, 1993.

KIKUTI, H. *et al.* Teores de macronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 1093-1096.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade Nutricional. In: ARAUJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 23-45.

LIMA, E. V. *et al.* Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n.1, p. 125-129, jan./mar. 2001

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

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5.a Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais-CFSEMG, 1999. p.143-168.

MORALES-GARZON, F. J. **Importancia socioeconómica del fríjol en la América Latina**. Palmira: CIAT, 2000. p.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 39-54.

OLIVEIRA, R. M. B.; OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, K. Fertilização nitrogenada e irrigação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) em casa de vegetação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 222-226, 2004.

PIASKOWSKI, S.R. *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro em plantio direto na palha. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 2, n. 1-2 p. 67-72, 2001.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Como obter sucesso na cultura do feijoeiro no Estado de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 7 p. (Circular Técnica, 50).

RAMALHO, M. A. P. *et al.* **O 'Talismã' de sua lavoura de feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4 p. ( Comunicado Técnico, 36).

RAMOS JUNIOR, E. U. **Níveis de fósforo e épocas de semeadura na extração de nutrientes do cultivar de feijão carioca precoce**. 2006. 134 p. Tese (Doutorado em Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, Botucatu, 2006.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1987. 91 p. (Boletim Técnico, 8).

ROSOLEM, C.; MARUBAYASHI, O. M. Seja doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.7, 18 p, dez. 1994. (Encarte, 68).

SANTOS, A. B. *et al.* Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, nov. 2003.

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

SORATTO, R. P. *et al.* Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. Á Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p 835-841, abr. 2001.

TIRANI, P. E. *et al.* **Análise foliar: Amostragem e interpretação.** Campinas, Fundação Cargil, 1983. 18 p.

URQUIAGA, C. S. *et al.* Variação do nitrogênio nativo e do proveniente do fertilizante, em terra roxa estruturada, durante o desenvolvimento de uma cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 8, n. 2, p. 223-227, 1984.

VALÉRIO, C. R. *et al.* Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, ed. esp., p.1560-1568, 2003.

VIEIRA, C.; BOREM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijão. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 274-349.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In VIEIRA, C., PAULA JUNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão.** 2 ed. Viçosa: Atual, Ed. UFV, 2006. cap. 6, p. 115-142.

VILLAS BÔAS, R. L. *et al.* Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 2001, p.71-103.

VITTI, G. C., BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1994. p. 261-80.

WESTERMANN, D. T. *et al.* Nitrogen sources for bean seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 660-664, 1981.

WILCOX, G. E.; FAGERIA, N. K. **Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção.** Goiânia: Embrapa/ CNPAF, 1976. 22 p. (Boletim Técnico, 5).

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75 p.

ZUPPI, M. *et al.* Produtos fitossanitários utilizados no feijoeiro no Brasil: Evolução e situação atual. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005. p.1261-1269.

## **CAPÍTULO I**

### **DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEJJOEIRO EM FUNÇÃO DOSES DE NITROGÊNIO EM SEMEADURA**

## RESUMO

MOREIRA, Guilherme Borém Lobato. **Desempenho agrônômico do feijoeiro em função doses de nitrogênio em semeadura e cobertura.** 2011. Capítulo I – p. 25-48. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)- Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

O trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de doses crescentes de nitrogênio em semeadura e cobertura nas características fitotécnicas do feijoeiro no Norte de Minas Gerais. O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), localizada no perímetro de irrigação do Gortuba em Janaúba – MG. Para o ensaio, foi utilizado o delineamento estatístico de blocos casualizados, com três repetições, sendo a combinação de quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) em semeadura e em cobertura. Cada parcela foi composta por 6 linhas espaçadas por 0,5m por 5 metros de comprimento, totalizando 15 m<sup>2</sup>. As quarta e quinta linhas foram utilizadas para avaliação. Foram coletadas 10 plantas aleatórias e avaliaram-se as características: Estande inicial, Estande final, número de grãos por vagem, vagem por planta, peso médio de 100 grãos e produtividade. Todos os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa Sisvar, e quando significativo, (P<0,05) foi feita a análise de regressão para as doses de N em semeadura e cobertura, para as características avaliadas. Considerando apenas N semeadura, o número de vagens por planta e a produtividade eleva-se com o incremento de N até 120 kg ha. Apesar da interdependência das doses de N no plantio e em cobertura, maiores acréscimos de rendimento de grãos são obtidos em função das doses de N no plantio. Não foi observada diferença entre doses de N em plantio e cobertura para o estande inicial e para o peso de 100 grãos.



## ABSTRACT

MOREIRA, Guilherme Borém Lobato. **Agronomic performance of common bean according to levels of nitrogen at sowing and coverage.** 2011. Chapter I – p. Dissertation (MSc in Crop Production in Semi-Arid)-State University of Montes Claros, Janaúba, MG.

The study aimed to evaluate the effect of adding increasing doses of nitrogen at sowing and in coverage on the phytotechnical characteristics of common bean in the northern of Minas Gerais. The study was carried out at Experimental Farm of Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), located in the Gorutuba irrigation perimeter in Janaúba - MG. For the essay, we used the statistical design of randomized blocks with three replications, and the combination of four levels of nitrogen (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) at sowing and in coverage. Each plot was composed of six rows spaced 0.5 m x 5 meters, totalizing 15 m<sup>2</sup>. The fourth and fifth lines were used for evaluation. They were collected 10 plants at random and evaluated the characteristics: initial stand, final stand, number of grains per pod, pods per plant, average weight of 100 grains and productivity. All of the data were subjected to analysis of variance through the Sisvar program, and when significant (P<0.05) was performed analysis of regression for the doses of N at sowing and in coverage for the evaluated characteristics. Considering only N sowing, the number of pods per plant and productivity rises with the increase of up to 120 kg N ha. Despite the interdependence of levels of N rates sowing and in coverage, larger increases in grains yield are obtained depending on the doses of N at planting. There was no difference between doses of N at planting and in covering for the initial stand and the weight of 100 grains.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes componentes da dieta dos brasileiros, constituindo a principal fonte de proteína. Por ser de ciclo curto e bastante exigente em nutrientes, necessita de que os nutrientes estejam prontamente disponíveis, nos estádios de maior demanda, para que não haja limitação da produtividade (SILVA; SILVEIRA, 2000).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo feijoeiro que, ao contrário da maioria das leguminosas, não é capaz de obtê-lo em quantidades significativas por meio da fixação biológica de N (FAGERIA *et al.*, 2005). Esse nutriente é determinante na produtividade do feijoeiro, pois a resposta à sua utilização tem sido positiva de forma generalizada no país. Devido às transformações microbiológicas por que passa no solo, o nitrogênio está sujeito a perdas por lixiviação e volatilização, podendo ainda tornar-se um eventual poluente de mananciais de água, quando em excesso na forma de  $\text{NO}_3^-$  (FREIRE *et al.*, 2000).

Nos solos brasileiros, o teor disponível desse nutriente é insuficiente para sustentar os altos níveis de produção alcançados em lavouras com altos níveis tecnológicos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; ALVES, 2002; FERREIRA *et al.*, 2004; KIKUTI, 2005), sendo assim, a prática de adubação assume papel importante e torna-se responsável por grande parte dos ganhos de produtividade dessa cultura.

Segundo Chagas *et al.*(1999), as recomendações para o Estado de Minas Gerais variam entre doses de 20 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N devido à tecnologia empregada.

O parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do feijão é uma prática bastante utilizada, na qual o nitrogênio é aplicado parte na semeadura e

parte na cobertura, normalmente até os 35 dias após a emergência das plântulas (FONTES, 2001).

Com relação ao estande, tem-se observado redução linear na população de plantas em função de doses crescentes de N (RODRIGUES *et al.*, 2002; KIKUTI *et al.*, 2005). O número de vagens por plantas tem tido comportamento linear crescente de acordo com incremento de N aplicado; quanto aos outros componentes de produção do feijoeiro, de maneira geral, não são observados efeitos de doses de N (SORATTO *et al.*, 2004; CRUSCIOL *et al.*, 2007). Sobre a produtividade, respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada têm sido observadas em todo o Brasil, com intensidade e amplitude variáveis (SILVA *et al.*, 2000; SILVEIRA *et al.*, 2003; SORATTO *et al.*, 2004; BARBOSA FILHO *et al.*, 2005; MEIRA *et al.*, 2005; CRUSCIOL *et al.*, 2007).

Dessa forma, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico e o rendimento de grãos após a adição de doses crescentes de nitrogênio na semeadura e em cobertura no feijoeiro de inverno na região Norte de Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na fazenda experimental da Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Janaúba (43°16'18" W, 15°49'51" S e 540 m de altitude), localizada na região norte do Estado de Minas Gerais, na safra do inverno de 2010. O clima foi classificado como Aw, segundo classificação de Köpen, com precipitação média anual de 870 mm. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico, de textura média. A análise química do solo está apresentada na Tabela 2 para amostras coletadas à profundidade de 0 a 0,20 m, antes da semeadura do feijão.

A cultivar de feijão utilizada foi a Perola, de ciclo precoce, bastante utilizado na região do Vale do Gortuba, norte de Minas Gerais. O preparo do solo contou com uma aração e uma gradagem, em profundidade

A semeadura foi realizada manualmente, adotando-se o espaçamento de 0,5 m entre linhas, densidade populacional de 240.000 plantas por hectare e profundidade de semeadura de 3,0 a 4,0 cm. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 5 m de comprimento, totalizando 10 m<sup>2</sup> de área total e 5 m<sup>2</sup> de área útil. Todas as parcelas receberam idêntica adubação potássica e fosfatada, correspondendo à adição de 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio e 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples determinada por meio de resultado de análise do solo (TABELA 1) e da sua interpretação segundo Chagas *et al.* (1999). A correção do solo não foi necessária, visto que a ocorrência de saturação de bases da ordem de 77% é considerada boa para a cultura do feijoeiro.

**TABELA 2** - Resultado da análise química de amostras de solo (0-20 cm) da área onde foi conduzido o experimento. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

CARACTERÍSTICA QUÍMICA	RESULTADOS
pH em H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>	5,9 AcM
mat. Org. (dag kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	3,6 M
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	6,5MBa
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	141,0MB
Ca (cmol <sub>c</sub> DM <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	3,3B
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,7M
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,0MBa
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>5</sup>	1,3Ba
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,3B
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,3Ba
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,6B
V (%)	77,0B
m (%)	1,0MBa
B (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	10,1MB
Cu (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	58,6MB
Fe (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	113,3MB
Mn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	177,9MB
Zn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	4,0MB
S (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>8</sup>	42,3MB
P-rem (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>	29,0MBa

\* Interpretação de acordo com Chagas *et al.* (1999). AcM = acidez média MBa = muito baixo, Ba = baixo, M = médio, B = bom e MB=muito bom.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram organizados segundo esquema fatorial 4x4, com a combinação de quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 kg ha<sup>-1</sup>) em semeadura e cobertura, tendo como fonte a ureia. A cobertura foi realizada aos 20 DAE correspondendo ao estágio V3.

Aos 20 DAE, foi avaliada a germinação das plantas, mediante contagem do estande inicial; para tanto, todas as plantas das duas linhas centrais das parcelas foram contabilizadas. Por ocasião da colheita (estádio R9), após ciclo de 90 dias, avaliaram-se: produtividade de grãos a 13% de umidade e os componentes do rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) e estande final. A produtividade de grãos foi avaliada mediante colheita de todas as plantas pertencentes às duas linhas centrais de cada parcela, das quais dez plantas foram selecionadas, aleatoriamente, para avaliação das demais características.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo para as fontes de variação ( $p < 0,05$ ), os efeitos das doses de N foram estudados por meio de análise de regressão, escolhendo-se o modelo adequado para representá-los pela significância dos coeficientes da equação, pelo valor de R e pelo comportamento biológico.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

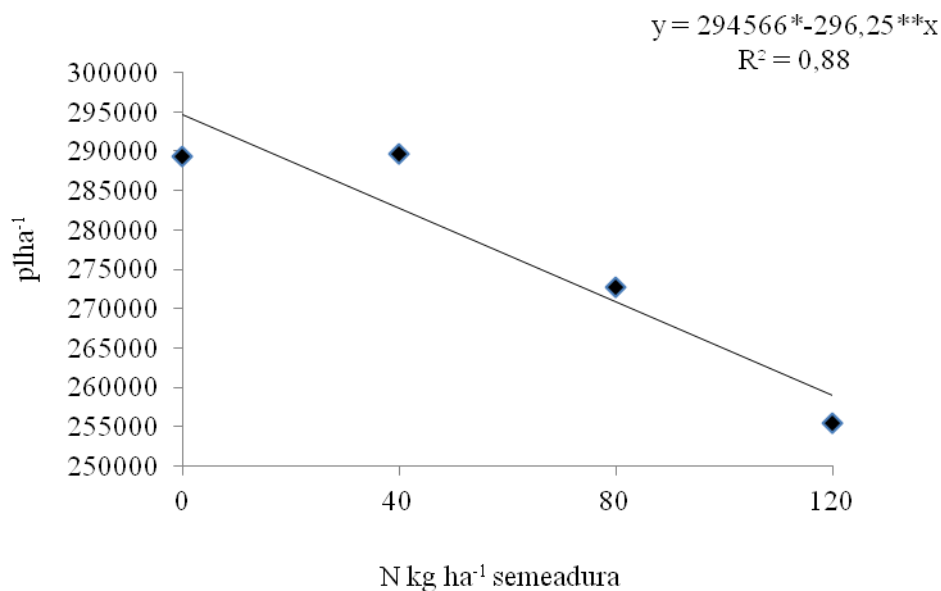
Dentre as características avaliadas, obteve-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da adubação com doses crescentes de N na semeadura para Estande Inicial (E.I), Vagens por planta (V/Pl) e Produtividade (RG) e, após a adição de doses crescentes de N em cobertura, obteve-se efeito somente para estande final (EF). As características Grãos por Vagem (Gr./V) e Peso de 100 Grãos (M100) não foram afetadas pelas doses de N tanto em semeadura quanto em cobertura (TABELA 3).

**TABELA 3** - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao Estande inicial (EI), Estande final (EF), número médio de vagens por planta (V/Pl), número médio de grãos por vagem (Gr/V), massa média de 100 grãos (M100) e feijoeiro em função de doses de N no plantio e em cobertura. UNIMONTES, Janaúba, 2010.

FV	QM					
	E.I	EF	V/Pl	Gr./V	M 100	(RG)
N S.	2374,31*	1790,89	37,71*	0,07	2,63	758990,75*
NC.	-	2347,11*	6,99	0,3	1,16	248802,75
N S. vs N						
C.	-	1852,07	13,56	0,47	3,83	290284,31
Bloco	6184,33	5692	5,87	0,47	3,98	75549,31
Erro	1495,73	913,51	7,84	0,47	3,28	115259,13
CV(%)	14,1	13,16	19,12	8,07	6,97	15,55
Média	274291	225375	14,65	5,48	26,01	2183,46

\*\*, \* Significativo a, respectivamente, 1 e 5% de probabilidade pelo teste

O estande inicial de plantas de feijoeiro reduziu linearmente após a adição de doses crescentes de N em sementeira (FIGURA 1) na ordem de 294 plantas  $\text{ha}^{-1}$  para cada quilo de nitrogênio aplicado por hectare, em população de 240 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ .



**FIGURA 1** - Estande inicial do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em sementeira, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Esses resultados corroboram os obtidos por Viana (2011) que, trabalhando com doses de N em sementeira no Norte de Minas Gerais, verificou uma redução de 280 plantas  $\text{ha}^{-1}$  para cada quilo de nitrogênio. Arf *et al.* (2011), analisando fontes e doses diferentes de N verificaram uma redução linear na população, e mencionaram que, por ocasião da sementeira do feijoeiro, não se



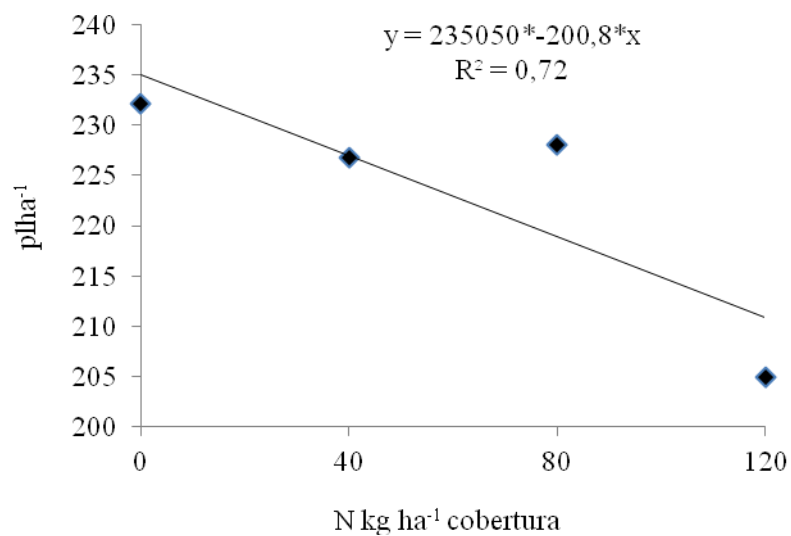
pode aplicar nitrogênio em grande quantidade de uma só vez, porque, na deficiência de outros nutrientes, pode causar desequilíbrios fisiológicos, injúrias às plantas, queimadura nas raízes nas plântulas e, conseqüentemente, redução no estande. (SILVA *et al.*, 2002)

O estande final de plantas de feijoeiro reduziu linearmente após a adição de doses crescentes de N em semeadura (FIGURA 2) com redução da ordem de 200 plantas  $ha^{-1}$  para cada quilo de nitrogênio aplicado por hectare, em população de 240 mil plantas  $ha^{-1}$ .

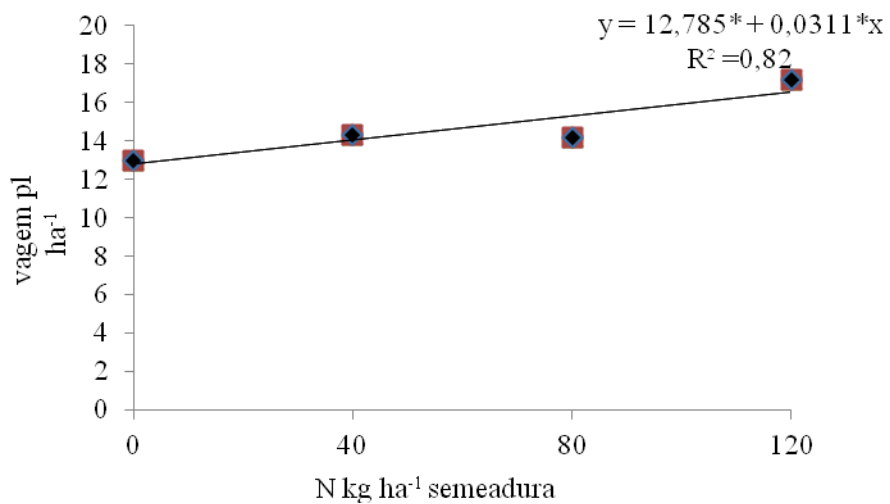
Esse efeito na redução do estande tanto inicial quanto final torna-se evidente o resultado negativo do aumento da dose de N sobre as plantas de feijão. Esse fato pode ter ocorrido devido à salinidade dos fertilizantes, causando injúrias às sementes e plantas e, conseqüentemente, redução na população já sido constatado por diversos autores (KIKUTI *et al.* 2005; RODRIGUES *et al.*, 2002; TEIXEIRA *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2002; ARF *et al.*., 2010.).

Com o aumento das doses de N aplicados em semeadura foi observada uma correlação linear positiva em relação ao número de vagens por planta proporcionando um incremento de 0,03 vagens para cada  $kg\ ha^{-1}$  de N (FIGURA 3). Pode-se considerar que o aumento das doses apresentou apenas incrementos para essa característica, semelhante aos resultados de Arf (2010), Cunha *et al.* (2011), Fornasieri Filho *et al.* (2007) e Soratto *et al.* (2005) que indicaram que o emprego de níveis crescentes do nitrogênio em semeadura proporcionou aumento do número de vagens por planta.

Em conformidade com Silva *et al.* (2009), os acréscimos de vagens por planta, com o incremento de doses de N, podem ocorrer como consequência da maior altura de plantas e da maior emissão de ramos reprodutivos. Além desses autores, Binotti *et al.* (2009) verificaram aumento na produção de vagens por planta, com até  $160\ kg\ ha^{-1}$  de nitrogênio sendo 1/3 da dose em semeadura e 2/3 da dose em cobertura.



**FIGURA 2** - Estande final do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.



**FIGURA 3** - Número de Vagens do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Essas respostas comprovam, de certa forma, que a adubação nitrogenada exerce influência sobre as vagens do feijoeiro, pois consoante Portes (1996), quantidades insuficientes desse nutriente levam a planta a produzir menos flores, acarretando redução do número de vagens.

Os dados do número de grãos por vagem são apresentados na Tabela 4. Essa variável não sofreu influência das doses de nitrogênio. De acordo com Medeiros *et al.* (2000), o número de grãos por vagem não sofre influência da adição de N, mas sim outros fatores como o aumento da densidade de que atribuiu os melhores rendimentos à densidade de semeadura e da radiação solar (CRUSCIOL *et al.*, 2007, GOMES JÚNIOR *et al.*, 2008).

Segundo Soratto *et al.* (2004), a aplicação de N em cobertura não causa grande variação no número de grãos por vagem, provavelmente por ser esta uma característica varietal pouco influenciada pela adubação (ANDRADE *et al.* 1998), não sendo compatíveis com estudo conduzido por Alvarez *et al.* (2005) no ano de 1999 e 2000, em que os resultados mostraram que as doses de nitrogênio influenciam o número de grãos por planta, ajustando a uma função linear crescente.

**TABELA 4** - Número de grãos por vagem do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

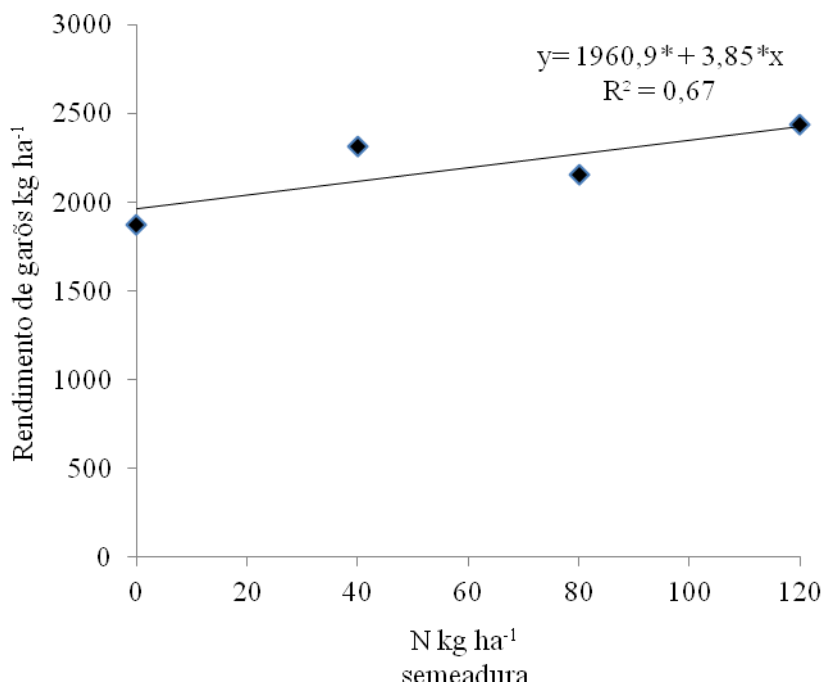
Dose de N- semeadura, kg ha <sup>-1</sup>	Dose de N-cobertura, kg ha <sup>-1</sup>				Média
	0	40	80	120	
0	5,91	5,60	5,91	5,25	5,67
40	5,43	5,79	4,87	5,79	5,47
80	5,70	5,45	5,14	5,70	5,50
120	5,20	5,27	5,77	4,88	5,28
Média	5,56	5,53	5,42	5,41	5,48

A massa de 100 grãos (TABELA 5) também não foi afetada pelos tratamentos, confirmando que essa é a característica que apresenta a menor variação percentual, em função das alterações do meio. Silva (2002) e Soratto *et al.* (2004) afirmam que a aplicação de N não causa grande variação no número de grãos por vagem e na massa de 100 grãos.

**TABELA 5** - Massa de 100 grãos do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em semeadura, no sistema de plantio convencional, Janaúba, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Dose de N- semeadura, kg ha <sup>-1</sup>	Dose de N-cobertura, kg ha <sup>-1</sup>				Média
	0	40	80	120	
0	27,33	24,1	27,07	20,94	24,86
40	24,93	26,43	24,97	20,53	24,22
80	25,63	26,07	26,83	21,06	24,90
120	24,43	26,6	25,07	20,24	24,09
Média	25,58	25,8	25,98	20,69	24,51

A produtividade mais elevada ( $2.404 \text{ kg ha}^{-1}$ ), correspondente ao tratamento com aplicação de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  (FIGURA 4), porém, esteve muito abaixo do potencial de produção da cultivar, que é de aproximadamente  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (CULTIVAR..., 2007). Contudo, foram bastante superiores à média nacional ( $893 \text{ kg ha}^{-1}$ ) bem como à média mineira ( $1.453 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para o efeito isolados das doses de N sementeira (CONAB, 2010), proporcionando resposta linear até a dose máxima testada.



**FIGURA 4** - Rendimento de Grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do feijoeiro após adição de doses crescentes de N em sementeira. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

As doses estão de acordo com a recomendação atual, porque ocorreram respostas da adubação em sementeira e não em cobertura, similares aos resultados encontrados por Soratto *et al.* (2004) e Silva *et al.* (2002). Esses

autores, trabalhando com sistema de semeadura direta, verificaram respostas lineares da produtividade até a dose máxima testada, ou seja, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Com a cultivar Jalo Precoce de feijoeiro, Silveira *et al.* (2003) obtiveram resposta linear de até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, ao passo que a produtividade máxima da cultivar Pérola foi estimada em 62 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em solo de várzea, Santos *et al.* (2003) determinaram a máxima eficiência técnica com a dose de 108 kg ha<sup>-1</sup> de N, incorporados ao solo aos 20 DAE. Carvalho *et al.* (2001), estudando o efeito de fontes e diferentes parcelamentos do N em feijoeiro de inverno, concluíram que a aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou, em média, incremento de 38% na produtividade da cultura.

De uma forma geral, são diversos os resultados de resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada quanto à produtividade de grãos, uma vez que alguns resultados mostraram resposta da cultura a doses de N acima de 100 kg ha<sup>-1</sup> (CARVALHO *et al.*, 2003; STONE, 20011; MOREIRA, 2001). É provável que a adubação nitrogenada tenha aumentado a capacidade de compensação dos feijoeiros, o que pode ser confirmado pelo acréscimo no número de vagens por planta. No entanto, autores como Chidi *et al.* (2002) e Bordin *et al.* (2003) constataram resposta da produtividade do feijoeiro com a aplicação de 50 a 75 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Pode ser estimado 90% da produtividade máxima, a dose 108 kg ha<sup>-1</sup> de N de máxima eficiência econômica podendo ser utilizada como base a ser indicada para os produtores rurais do Norte de Minas Gerais.

Ainda pode se ressaltar indicam o que para cada kg ha<sup>-1</sup> aplicado em semeadura houve um aumento 3,679 kg ha<sup>-1</sup>

#### 4 CONCLUSÕES

1. A dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> em sementeira proporciona o maior rendimento de grãos e número de vagens por plantas.

2. A dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> em sementeira proporcionou a redução do estande inicial.

3. As características peso de 100 grãos e grãos por vagem não foram afetadas pelas doses testadas.

4. O estande inicial do feijoeiro diminuiu linearmente com o aumento das doses de N em sementeira;

5. O estande final do feijoeiro diminuiu com a intensificação das doses de N adicionadas em cobertura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, A. C. C. *et al.*. Resposta do feijoeiro a 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, 2005.

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

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

ARF, M. V. **Fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto**. 2010, 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2010. Disponível em:  
<[http://www.ppga.feis.unesp.br/dissertacoes2010/marcelo\\_arf\\_2010.pdf](http://www.ppga.feis.unesp.br/dissertacoes2010/marcelo_arf_2010.pdf).>  
Acesso em: 20/06/2011.

ARF, M. V. F. Fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, 430-438, jul./set. 2011

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

BINOTTI, F. F. S. *et al.* Fontes e doses de nitrogenio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema de plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 770-778, 2010.



BORDIN, L. *et al.* Sucessão de cultivo de feijão com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.

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

CARVALHO, M. A. C. *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.

CHAGAS, J. M. *et al.* Feijão. In: RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G., ALVAREZ, V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**, 1999. p. 306-307.

CHIDI, S. N. *et al.* Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum Agronomia**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, 2002.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012..** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acessado em 2 de Março de 2011.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CULTIVAR de feijão: Pérola. Disponível em: <<http://guapore.cnpaf.embrapa.br/feijao/perola.htm>>. Acesso em: 21 de maio de 2011.

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

FERREIRA, A. C. B.; ANDRADE, M. J. B.; ARAÚJO, G. A. A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 61-72, 2004.

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

FORNASIERI FILHO, D. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 115-121, 2007.

FREIRE, F. M.; VASCONCELLOS, C. A.; FRANÇA, G. E. de. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49-62, 2000.

GOMES JÚNIOR, F. G. *et al.* Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.

KIKUTI, H. *et al.* Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRS MG Talismã. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 415-422, July/Sept. 2005.

MEDEIROS, G. A. *et al.* Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1733-1742, 2000.

MEIRA, F. A. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, abr. 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. *et al.* (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 101-137.

RAPASSI, R. M. A. *et al.* Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 397-404, 2003.

RODRIGUES, J. R. de M. *et al.* População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, 2002.

SANTOS, A. B. dos *et al.* Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, 2003.

SILVA, T. R. B. **Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema plantio direto Ilha Solteira**. 2002. 56 p. Tese ( Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira-SP, 2002.

SILVA, E. F. da. *et al.* Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada a exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 443-451, 2009.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso de clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

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, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

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, p. 895-901, 2004.

SORATTO, Rogério Peres *et al.* . Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, 2005.

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, 2001.

TEIXEIRA, I. R. *et al.* Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

VIANA, T. O. *et al.* Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 58, n. 1, p. 115-120, jan/fev, 2011.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCHA DE ABSORÇÃO, ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES NA CULTURA DO FEJÓEIRO**

## RESUMO

MOREIRA, Guilherme Borém Lobato. **Marcha de absorção, acúmulo e exportação de nutrientes na cultura do feijoeiro**. 2010. Capítulo II – p. 48-81 Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)- Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

O objetivo deste trabalho foi estudar a adubação nitrogenada em semeadura e cobertura na cultura do feijoeiro, em plantio convencional, marcha de absorção, exportação e acúmulo de macro e micronutriente ao longo do ciclo, necessária para o ajuste e estabelecimento de novas recomendações de adubação racional, especialmente voltada para os produtores de feijão da região norte de Minas Gerais. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x4, correspondendo a quatro doses de nitrogênio em semeadura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>). Cada parcela foi composta por 6 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas, totalizando 15 m<sup>2</sup>. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e para as diferenças significativas, identificadas pelo teste F (P<0,05), foram ajustados modelos de regressão. Depois de colhido, o material vegetal foi separado em caule, folhas, casca e flor, grãos. Posteriormente as partes vegetais foram lavadas em água corrente e destilada, secas em estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante, a matéria seca foi determinada moídas. Em seguida, as amostras foram enviadas para a realização das determinações químicas (análises foliares). Foi calculado o acúmulo de cada nutriente em cada parte da planta por meio através da relação do teor do nutriente nas mesmas pela matéria seca de cada parte e posteriormente, os valores obtidos foram transformados para kg ha<sup>-1</sup>. A absorção de nutrientes na cultura do feijoeiro segue a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>S>Mg>P>Mn>Zn>Fe>Cu. A exportação de nutrientes na cultura do feijoeiro segue a seguinte ordem decrescente: K=N>S>Ca>P >Mg >Mn>Fe>Zn>Cu. A absorção de N, K, Ca teve efeito quadrático com a adição de doses de nitrogênio. Os valores médios absorvidos de macroe micronutrientes e as suas quantidades extraídas situaram-se nas faixas consideradas normais. A maior taxa de absorção de macronutrientes situou entre 50-60 DAE entre os estádios R7 e R8. A maior taxa de absorção de micronutrientes situou entre 40-50DAE entre os estádios R6 e R7.

## ABSTRACT

MOREIRA, Guilherme Borém Lobato. **Mineral absorption, accumulation and export of nutrients in the bean crop.** 2010. Chapter II – p. Dissertation Master's degree in Plant Production in Semiarid)- Universidade Estadual de Montes Claros, MG.

This study aimed to evaluate nitrogen fertilization at sowing and in coverage in common bean crop in conventional tillage, mineral absorption, export and accumulation of macro and micronutrient in the cycle, necessary for the adjustment and establishment of new recommendations of rational fertilization especially focused on farmers of common bean from the North of Minas Gerais State. The experimental design was in randomized blocks with three replications in a factorial scheme 4x4, corresponding to four nitrogen levels at sowing (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and four doses of nitrogen in coverage (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>). Each plot was composed of 6 rows of spacing 5 x 0.5 meters between lines, totaling 15 m<sup>2</sup>. The results were submitted to analysis of variance, and significant differences identified by F test (P<0.05) regression models were adjusted. Once harvested, the plant material was separated into stems, leaves, bark and flower, grains. Later the plant parts were cleaned in running water and distilled water, dried in forced circulation at 65 °C to constant weight, the dry matter was determinate and ground. Then the samples were sent to carry out chemical determinations (leaf analyses). We calculated the accumulation of each nutrient in each part of the plant by means of the relation of its nutrient content of dry matter of each part and then the obtained values were transformed to kg ha<sup>-1</sup>. The absorption of nutrients in the common bean crop follows the following decreasing order: K> N> Ca> S> Mg> P> Mn> Zn> Fe> Cu. A nutrient export of bean follows the following order: K=N>S> Ca> P> Mg> Mn> Fe> Zn> Cu. The absorption of N, K, Ca presented a quadratic effect with the addition of doses of nitrogen. The average values absorbed of macro and micronutrients and their quantities extracted were found to be in the range considered normal. The highest rate of absorption of macronutrients ranged between 50-60 DAE between stages R7 and R8. The highest rate of absorption of micronutrients was between 40-50 DAE between stages R6 and R7.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, sensível aos fatores climáticos e muito suscetível a pragas e doenças. Produtividades baixas são observadas, principalmente nas épocas tradicionais de cultivo, em consequência da tecnologia utilizada, das variações climáticas e do esgotamento progressivo da fertilidade do solo (ZUCARELI, 2005).

A escassez de informações quanto a essas exigências nutricionais de cultivares de alto potencial produtivo para as condições do Norte de Minas, justificam a realização de estudos que contemplem esses genótipos, quanto às suas exigências nutricionais. Os poucos trabalhos de pesquisa conduzidos sobre o assunto foram realizados há muitos anos e contemplam cultivares muito diferentes das atualmente utilizadas pelos agricultores (SILVA *et al.*, 2000).

Estudar a marcha de absorção de nutrientes e o acúmulo de matéria seca em função dos estádios fenológicos da cultura do feijoeiro é de fundamental importância para subsidiar estratégias de definição das quantidades e das épocas de realização de adubações na cultura, e das quantidades mínimas que devem ser restituídas ao solo para fins de manutenção da fertilidade. Isso contribuirá para o aumento da eficiência no manejo da cultura, proporcionando ganhos em produtividade e redução de custos na lavoura, pela utilização racional e eficiente dos insumos e do solo (ANGHINONI, 2007).

Vieira (2006), analisando duas cultivares de feijão e dois sistemas de plantio, conclui que as quantidades extraídas de nutrientes seguiram a seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > Mg > P > S > Fe > Zn > Mn > B > Cu e à exportação as quantidades seguiram a sequência N > K > Ca > P > Mg > S > Fe > Zn > Mn > Cu > B. Por outro lado, Pessoa *et al.* registraram à exportação as quantidades seguiram a sequência N > Ca > K > P > Mg > Fe > Zn > Cu > Mn.



Segundo Fageria, Barbosa Filho e Stone (2004), a acumulação de um nutriente é utilizada como parâmetro de extração daquele nutriente no solo, indicando a redução da fertilidade do solo. Além disso, a acumulação de um determinado nutriente também serve como indicador da quantidade absorvida durante os estádios de crescimento da cultura. Quando se considera apenas a semente, os nutrientes mais exigidos são o nitrogênio e o fósforo, seguidos pelo enxofre, potássio, magnésio e cálcio (ARF, 1994).

O presente trabalho objetivou determinar a marcha de absorção, acúmulo e exportação de nutrientes após a adição de doses crescentes de nitrogênio na semeadura e em cobertura no feijoeiro de inverno na região Norte de Minas Gerais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido na primavera-verão (2009, plantio das “águas”) em condições de campo, na fazenda experimental da UNIMONTES no município de Janaúba-MG, sob sistema convencional de cultivo. A área experimental localiza-se a 9 km da cidade de Janaúba, que se situa às margens do projeto Gorutuba, com coordenadas geográficas 15° 47' 50" de latitude sul e 43° 18' 31" de longitude oeste, com altitude de 516 metros. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Eutrófico, de textura média, cujo clima, segundo Köppen (OMETTO, 1981), é do tipo AW (tropical chuvoso, savana com inverno seco).

### **2.2 Cultivar**

Utilizou-se a cv. Pérola, de grãos tipo carioca, peso médio de 100 sementes de 23-25 g, hábito de crescimento indeterminado II/III, porte semiereto a prostrado, ciclo normal, resistente à mancha angular, à ferrugem e ao mosaico comum (Ramalho & Abreu, 2006).

### **2.3 Delineamento estatístico e tratamentos**

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 4x4, envolvendo quatro doses de nitrogênio em semeadura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), fonte ureia, incorporado ao solo aos 20 dias após emergência (DAE).

Cada parcela foi composta por 6 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 metro entre linhas, totalizando 15 m<sup>2</sup>. A segunda e terceira linhas foram utilizadas para a coleta das plantas a fim de se avaliar o teor e acúmulo de nutrientes e ao longo do ciclo da cultura.

A semeadura foi manual, sendo semeadas 14 sementes por metro linear, a fim de se obter uma população média de 240 mil plantas por hectare.

## 2.4 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância por meio do software de análise estatística Sisvar® (FERREIRA, 2000). Os efeitos das doses de nitrogênio em semeadura e em cobertura foram avaliados por análise de regressão, com ajuste de curvas representativas para cada uma das características avaliadas.

Consideraram-se as épocas, em intervalo de dias, como parâmetro de coletas das plantas. Dessa forma, por se tratar de dados quantitativos, e haver, portanto, uma correlação funcional entre x (DAE) e y (variável resposta), para explicar fisiologicamente a marcha de absorção e o acúmulo de nutrientes na cultura do feijoeiro, utilizaram-se modelos de regressão não linear, função gaussiana com três parâmetros.

A escolha do modelo foi de acordo com o ajuste (porcentagem de variância explicada, R<sup>2</sup>) e melhor representação do fenômeno. O modelo de regressão não linear, função gaussiana com 3 parâmetros é:

$$\hat{y} = a e^{\left[-0,5\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2\right]}$$

onde:

a = corresponde ao valor de máximo acúmulo

x<sub>0</sub> = corresponde ao valor de x, em DAE

$b$  = corresponde à amplitude no valor de  $x$ , em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo.

Assim, a partir do modelo ajustado foi possível determinar, com exatidão, o valor do ponto de inflexão (PI) na curva da seguinte forma:

$$PI = x_0 - b$$

Matematicamente, o PI corresponde ao valor de  $x$  em que a curvatura do modelo ajustado muda de sinal; na prática, isso corresponde ao valor de  $x$ , em DAE, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer.

## **2.5 Implantação e condução do experimento**

O preparo do solo contou com uma aração e duas gradagens. A correção do solo foi efetuada mediante avaliação da necessidade indicada pela análise de solo, realizada no Laboratório de Análise de Solo da UNIMONTES, Janaúba, MG. Todas as parcelas receberam idêntica adubação potássica e fosfatada, determinada por meio da análise de solo e interpretada segundo Ribeiro *et al.* (1999). Essa adubação foi composta da adição de 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio e 110 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples no momento da semeadura, além de 60 g ha<sup>-1</sup> de Mo na forma de molibdato de sódio aos 25 dias de plantio, via adubação foliar.

**TABELA 6** - Resultado da análise química de amostras de solo (0-20 cm) da área onde foi conduzido o experimento de primavera – verão. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

<b>CARACTERÍSTICA QUÍMICA</b>	<b>RESULTADOS</b>
pH em H <sub>2</sub> O <sup>1</sup>	5,9
Mat. Org. (dag kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	3,6
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	6,5
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	141
Ca (cmol <sub>c</sub> DM <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	3,3
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,7
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	0,0
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>5</sup>	1,3
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,3
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,3
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,6
V (%)	77
m (%)	1
B (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	10,1
Cu (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	58,6
Fe (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	113,3
Mn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	177,9
Zn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>3</sup>	4,0
S (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>8</sup>	42,3
P-rem (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>	29,0

O experimento foi mantido livre de plantas daninhas por método químico e mecânico e os demais tratamentos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. O controle de doenças e pragas foi realizado mediante a aplicação de fungicida e/ou inseticida. A irrigação foi complementar, conforme chuvas da época, sempre por aspersão convencional.

## 2.6 Características avaliadas

Ao longo do ciclo da cultura, a partir do 10<sup>o</sup> DAE e a cada 10 dias, 10 plantas de cada parcela foram amostradas, medindo-se a altura, desde o colo até

a inserção da última folha trifoliolada completamente expandida. Outras 4 plantas também foram amostradas através de corte rente ao solo e o material seco em estufa com circulação de ar a 65-70 °C até peso constante, sendo as amostras pesadas em balança de precisão, determinando-se o peso da matéria seca por planta e, posteriormente, por hectare ao longo do ciclo da cultura.

Em seguida, as amostras foram trituradas e enviadas ao Laboratório de Análise Foliar da UNIMONTES, Janaúba, MG, para determinação do teor de macronutrientes e micronutrientes contidos na parte aérea da planta. Os teores foram analisados quimicamente como se segue: N, pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn por digestão com ácido nítrico e perclórico e B por incineração; e determinados no extrato: P-colorimetria, K-fotometria de chama; S-turbidimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn-espectrofotometria de absorção atômica; B-pelo método da curcumina, de acordo com Malavolta *et al.* (1997). Para a determinação do acúmulo de nutrientes, o teor de cada um deles foi relacionado com o peso correspondente de matéria seca da planta, a fim de se obter o modelo da distribuição e quantidade, transformado em acúmulo por hectare.

Por ocasião da plena floração (estádio R<sub>6</sub>), foram coletadas, em cada parcela, folhas de 10 plantas, aleatoriamente. Essas folhas foram secas em estufa, posteriormente trituradas e enviadas ao Laboratório de Solos, Janaúba, MG, para determinação do teor de nutrientes.

Foi calculado o acúmulo de cada nutriente em cada parte da planta por meio da relação do teor do nutriente nas mesmas pela matéria seca de cada parte, conforme fórmula abaixo e, posteriormente, os valores obtidos foram transformados para quilos por hectare.

$$\text{Acúmulo (g do nutriente / parte)} = \frac{\text{MS da parte (g)} \times \text{teor do nutriente na parte (\%)}}{100}$$

A exportação de nutrientes foi determinada pela relação entre o teor de nutrientes contidos no grão por ocasião da colheita e o peso da matéria seca deste. As taxas de acúmulo foram calculadas a partir das equações ajustadas para o acúmulo de cada um dos nutrientes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Acúmulo de macronutrientes

Um resumo da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro é apresentado na Tabela 7. Nesta análise verificou-se boa precisão experimental, com os valores de CV variando de 15,24% a 26,7%. Não foi observado interação significativa entre N em sementeira ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e N em cobertura ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para o acúmulo de macronutrientes. A acumulação de N, K, Ca foi significativa ( $P < 0,01$ ) apenas para as doses de N em cobertura ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

**TABELA 7** - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S do feijoeiro em função de doses de N no plantio e cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
NSEM	3	685,72	17,24	465,89	331,78	14,27	24,80
NCOB	3	1447,50**	17,02	2359,66**	990,92**	31,27	71,93
NSEM X NCOB	9	973,25	9,63	391,593	587,11	9,36	39,88
BLOCO	2	213,77	2,02	343,31	268,33	5,59	4,28
erro	30	312,17	4,47	330,65	154,85	6,76	17,47
CV(%)		15,51	20,33	26,07	15,24	22,23	21,00
média ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		113,91	10,40	70,40	81,60	11,70	19,90

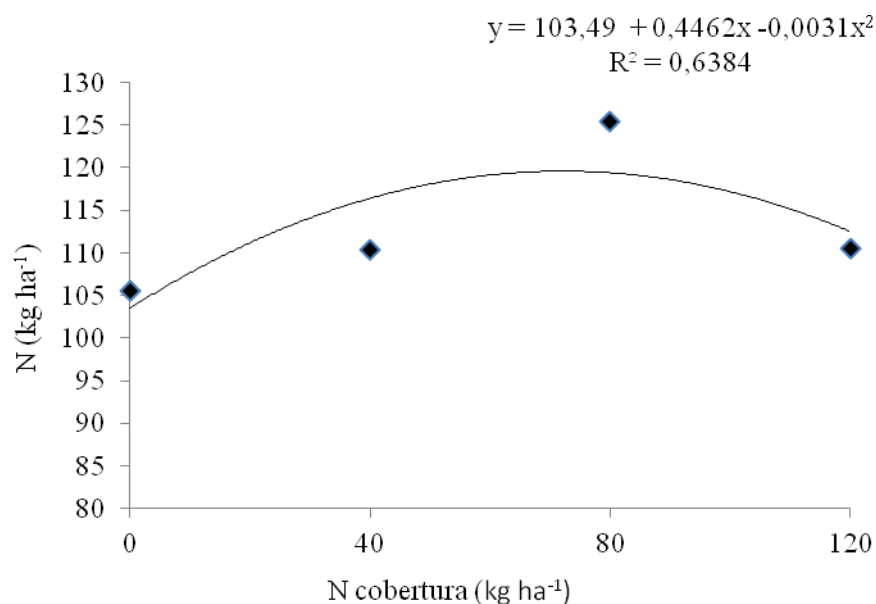
\*\* ( $P \leq 0,01$ );

O N foi o macronutriente absorvido em maiores quantidades pelo feijoeiro, na ordem de  $114 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esse resultado é semelhante ao de Cardoso



(2011) que, estudando diferentes doses de N, variando e 0 a 300 kg ha<sup>-1</sup>, e diferentes fontes, concluiu que o N foi o elemento com maior acumulação, em torno de 100 kg ha<sup>-1</sup>, corroborando os resultados obtidos por Viera (2006) e Oliveira (2002).

A acumulação de N teve comportamento quadrático (FIGURA 5) obtendo 120 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 72 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura.



**FIGURA 5** - Acúmulo de N do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

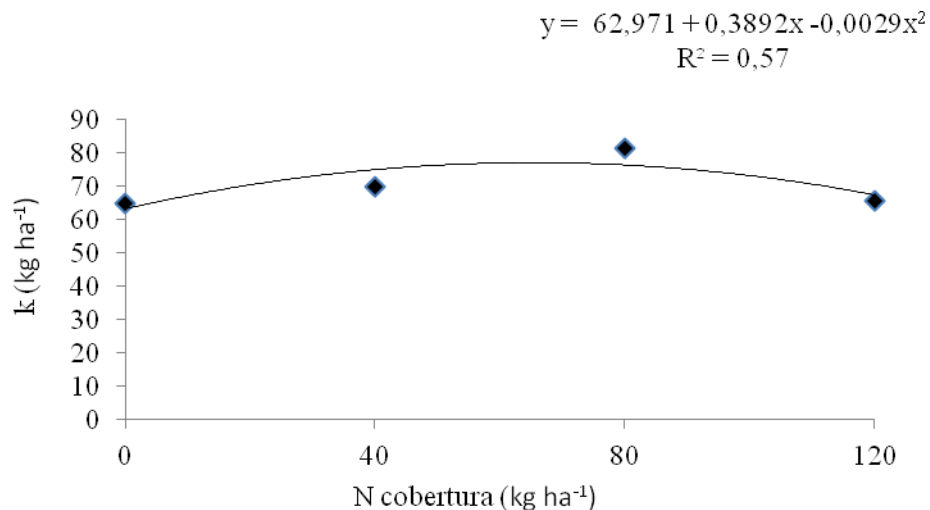
Farinelli *et al.* (2006), em dois anos de estudo, obtiveram resposta linear, no primeiro ano, até a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup>, e quadrática no segundo, alcançando valor máximo na dose de 122,8 kg ha<sup>-1</sup> de N. Carvalho *et al.* (2003) verificaram

que a medida em que se aumenta a dose de N aplicado ao solo, em cobertura, há incremento no teor de N nas folhas, correspondendo ao acúmulo de  $115 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, sendo este alcançado na dose de  $108 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No entanto, Arf *et al.* (2009) e Furlani Júnior *et al.* (1996) concluíram que os tratamentos que receberam todo o N aplicado na semeadura apresentaram maior teor de N quando comparados com os tratamentos que receberam a adubação nitrogenada apenas em cobertura. Esses resultados confirmam os obtidos por Rodrigues (2001) e Kaneko *et al.* (2010) que, ao estudarem a cultivar pérola utilizando diferentes doses de N em cobertura, obtiveram resposta linear para o teor de N acumulado no feijoeiro.

Segundo Ambrosano *et al.* (1996), os valores exportados, adequados pela cultura, estão na faixa de  $90$  a  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ . Neste estudo, mesmo no tratamento-testemunha (sem N em cobertura), os valores encontrados estão na faixa (FIGURA 8). Estes altos teores observados podem estar associados ao teor de matéria orgânica do solo ( $3,6 \text{ dag kg}^{-1}$  em média) também observado por Teixeira *et al.* (2009) e Nascimento, *et al.* (2004).

Silveira & Damasceno (1993), estudando a aplicação de doses de N na cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, também verificaram que houve incremento do teor e conteúdo de N na parte aérea da planta com o aumento da dose desse nutriente aplicada ao solo. Arf *et al.* (2004) afirmam que o incremento da concentração de N nas plantas é dependente do teor de N disponível no solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, temperatura, fixação simbiótica de  $\text{N}_2$ , cultivar e outros.

Observou-se ajuste quadrático para a variável K em função apenas das doses de N aplicadas em cobertura tendo seu ponto máximo de acúmulo de  $78 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose  $68 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura6).



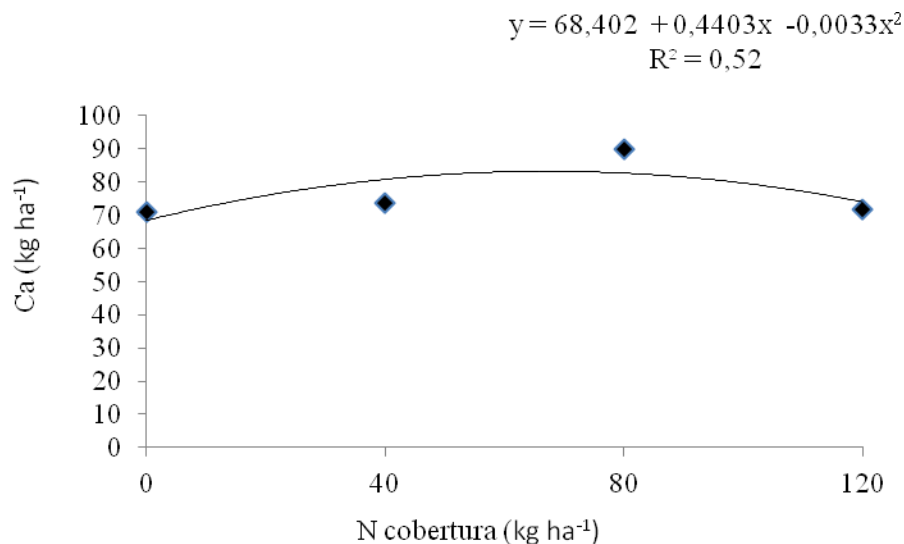
**FIGURA 6** - Acúmulo de K do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

As diferentes doses de N interferiram significativamente na acumulação de K nas plantas de feijão. Em termos de grandeza, os valores máximos extraídos pelo feijoeiro variaram de 64 a 82 kg ha<sup>-1</sup>, compatíveis com os dados encontrados por Vieira (2006). Conforme Lima *et al.* (2001), este resultado pode ser justificado por meio do nível alto de matéria orgânica encontrada no solo, pela mineralização da matéria orgânica, que é influenciada pela aplicação de N, pela reserva do solo sendo que neste experimento esta é considerada muito boa de acordo com a classificação de Chagas *et al.* (1999). Resultado como este leva à inferência de que esta é uma planta bastante eficiente em adquirir K do solo (ROSOLEM, 1996). É possível que o feijoeiro, a exemplo do que ocorre com a soja, consiga absorver quantidades significativas de K considerado como não trocável no solo.

Pretrilli (2007), trabalhando com a cultivar Pérola, não observou resposta significativa para a acumulação de potássio, e justificou que potássio aumenta à medida que se incrementa o teor de potássio disponível no solo. De acordo com alguns autores, o K, embora seja absorvido pela cultura do feijoeiro em grande quantidade, pouco tem influído na produtividade, chegando, até, em alguns casos, a diminuí-la (ARF, 1994).

A curva de resposta para Ca foi quadrática tendo valor acumulado de 86 kg ha<sup>-1</sup> para a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (FIGURA 7). Este resultado ratifica os de Oliveira (2002) ao analisar a cultivar carioca plantada sobre diferentes palhadas, e diferentes doses de N em cobertura, cuja resposta foi de 100 kg ha<sup>-1</sup> de Ca acumulado.

Os valores acumulados de Ca se encontraram acima das faixas de suficiência propostas por Oliveira *et al.* (1996) e Malavolta *et al.* (1997), de 16 a 60 e 30 a 40kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já para a faixa de suficiência proposta por Martinez *et al.* (1999), de 50 a 90 kg ha<sup>-1</sup>, todos os teores de Ca são considerados ideais.



**FIGURA 7** - Acúmulo de Ca do feijoeiro cv. Pérola, em função de doses de N em cobertura, no sistema de plantio convencional, Janaúba-MG, inverno, 2009. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

As acumulações de P, Mg e S (TABELA 7) não foram afetadas pelas doses testadas, por isso não foi possível determinar o maior acúmulo.

No que se refere ao P, nutriente que mais influencia na produtividade do feijoeiro, é um dos nutrientes menos exportados da área de cultivo (ARF, 1994). No presente, o acúmulo de P variou de 9,16 a 11,63 kg ha<sup>-1</sup>, que está de acordo com o observado por Viera (2006), 11 kg ha<sup>-1</sup>, e Oliveira (2002), 9 kg ha<sup>-1</sup>. Além desses resultados, diversos autores obtiveram valores que compreendem a faixa de 9 a 18 kg ha<sup>-1</sup> (TABELA 8).

**TABELA 8** - Acúmulo de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na parte aérea do feijoeiro determinados por diferentes autores. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Autores	N	P	K	Ca	Mg	S
Presente trabalho	114	10	70	82	12	20
Vieira (2006)1	105	11	81	47	14	9
Oliveira (2002)1	127	9	56	100	12	8
El-Husny (1992)2,4	121	18	85	66	21	21
Bulisani (1994) 2,3	88	8	52	28	9	-
Bulisani (1994)2,4	106	9	56	26	10	-
Cobra Netto (1967)1,5	102	9	93	54	18	26
Feitosa <i>et al.</i> (1980)1	81	7	62	57	10	-

Absorção total do Mg pelo feijoeiro no presente trabalho ( $11 \text{ kg ha}^{-1}$ ) é compatível com a da literatura (TABELA 8), da ordem de 10 a  $18 \text{ kg ha}^{-1}$ , embora possa chegar a  $36 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg (THUNG & OLIVEIRA, 1988).

No caso do S acumulado no presente nutriente absorvido ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ) se assemelham aos valores encontrados em literatura (TABELA 8). Este nutriente é absorvido em quantidades moderadas pela cultura do feijoeiro; entretanto, é constituinte de grande número de compostos das plantas (ARF, 1994).

Os dados médios (TABELA 8) do presente trabalho são compatíveis com os de outros realizados em condições de campo, principalmente os de Oliveira (2002), que diferiram apenas quanto à maior extração de S. À exceção do Ca, os presentes resultados médios também foram bem próximos dos obtidos por Vieira (2006), com as cv. Ouro Negro e Talismã.

### 3.2 Marcha de absorção de N, P e K

O máximo acúmulo de N ocorreu aos 60 DAE (estádio R8), que pode ser observado pelo ponto de inflexão(PI) ( TABELA 9). Este período de máxima

absorção de N (FIGURA 8) é semelhante ao encontrado por Rosolem (1987) e Cobra Netto *et al.* (1971). Os dados ora obtidos também corroboram os resultados de Haag *et al.* (1967) que afirmavam que, nos primeiros 50 dias, o feijoeiro absorve todo o N de que necessita. De certa forma, confirma-se o encontrado por Cobra Netto *et al.* (1971).

Todavia, Vieira (2006) obteve a máxima acumulação entre 71 e 89 DAE, e enfatiza que este fato torna-se relevante por indicar que o feijoeiro continua a absorver N, mesmo após o florescimento, cujo início, normalmente, é o limite máximo considerado para se realizar as adubações nitrogenadas convencionais.

A maior taxa de acúmulo de N (TABELA 9) detectada foi de 1,74 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, sendo inferior à encontrada por Vieira (2006), correspondendo a uma taxa de 1,84 a 2,83 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

O P é o nutriente de grande influência na produção de grãos (PETRILLI, 2007), porém, é o macronutriente absorvido em menores quantidades pelo feijoeiro. O máximo acúmulo de P ocorre aos 53 DAE (estádio R5) com uma taxa de acúmulo de 0,175 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> semelhante aos de Vieira (2006) que encontrou o pico e absorção entre os 42 e 53 DAE e a taxa 0,200 e 0,320 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, trabalhando com plantio convencional e plantio direto, respectivamente. Este comportamento é coincidente com o encontrado na literatura e demonstra a necessidade de contínuo suprimento de P à planta (ROSOLEM, 1987).

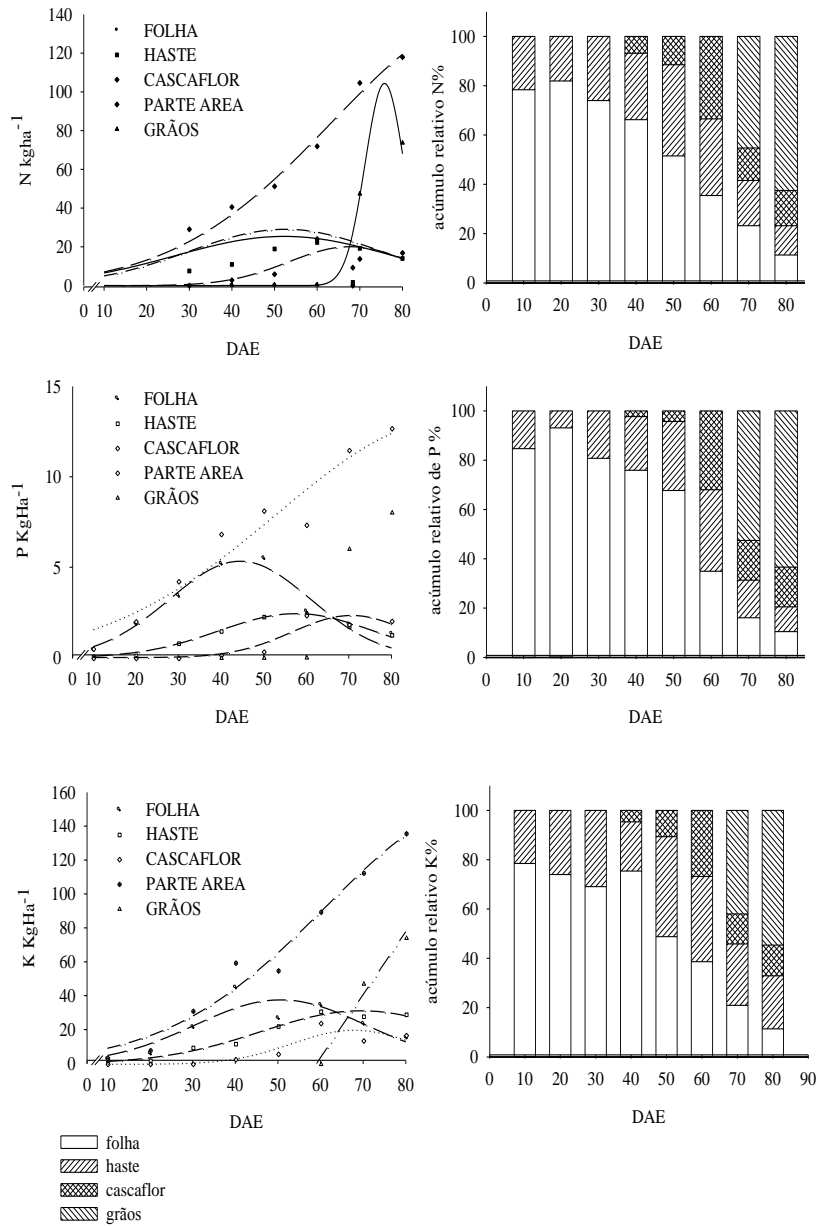
A partir do estágio R7 (40 DAE), foi possível observar o início da redistribuição de P para as estruturas reprodutivas em formação (botão floral), ao passo que, para o N, a redistribuição pode ser observada do estágio R5 (27 DAE) em diante. Em ambos os casos, a folha foi a principal fonte de redistribuição de N e P, apresentando na maturação fisiológica (R9) de menos de 15% de acúmulo relativo desses nutrientes (FIGURA 8), sendo essa retranslocação direcionada principalmente para os grãos, assim como registrado por Vieira (2006).

**TABELA 9** - Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para a marcha de absorção dos macronutrientes N, P e K. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Parte da planta	Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado			PI ( $X_0 \cdot b$ )	estádio	$R^2$
	a	$X_0$	b			
Nitrogênio						
Folha	29,0559	52,431	22,6144	29,8166	R5-R6	0,9602
Haste	25,406	52,269	25,645	26,624	R5-R7	0,6503
cascaflor	20,0684	67,6284	14,4077	53,2207	R7-R8	0,909
Grãos	64,8755	75,7967	4,5473	71,2494	R9	0,9869
Total	139,4058	100,6643	37,1313	63,533	R7	0,9879
Fósforo						
Folha	5,3259	44,4965	16,5034	27,9931	R5-R6	0,9613
Haste	2,4268	57,589	18,1536	39,4354	R6	0,992
cascaflor	2,3254	70,5467	13,8828	56,6639	R7-R8	0,9845
Grãos	3,0905	75,2682	3,6813	71,5869	R9	0,7589
Total	13,1686	93,6771	40,6815	52,9956	R7	0,9679
Potássio						
Folha	37,5001	50,5878	19,9696	30,6182	R6	0,8804
Haste	31,0495	69,43	23,38	46,05	R6	0,987
cascaflor	20,0683	67,7035	14,4653	53,2382	R7	0,909
Grãos	64,6007	68,5732	1,7677	66,8055	R8	0,9881
Total	152,4312	98,3882	37,1307	61,2575	R9	0,9859

A marcha de absorção do K é semelhante à do N sendo que ambas tiveram o ponto máximo aos 62 DAE – estágio ( FIGURA 8), sendo bastante superior ao período registrado por Vieira (2006), correspondendo a 40 DAE. A taxa de acumulação de K  $1,80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (TABELA 9). O ponto de inflexão para o acúmulo de K nas folhas e K total ocorreu, em ambos os casos, nos estádios R3 e R6 (31 e 61 DAE, respectivamente), não diferindo do que foi observado para o N e para o P.





**FIGURA 8** - Marcha de absorção e acúmulo relativo de N, P e Ca em função de doses de N em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

### 3.3 Marcha de absorção e exportação de Ca, Mg e S

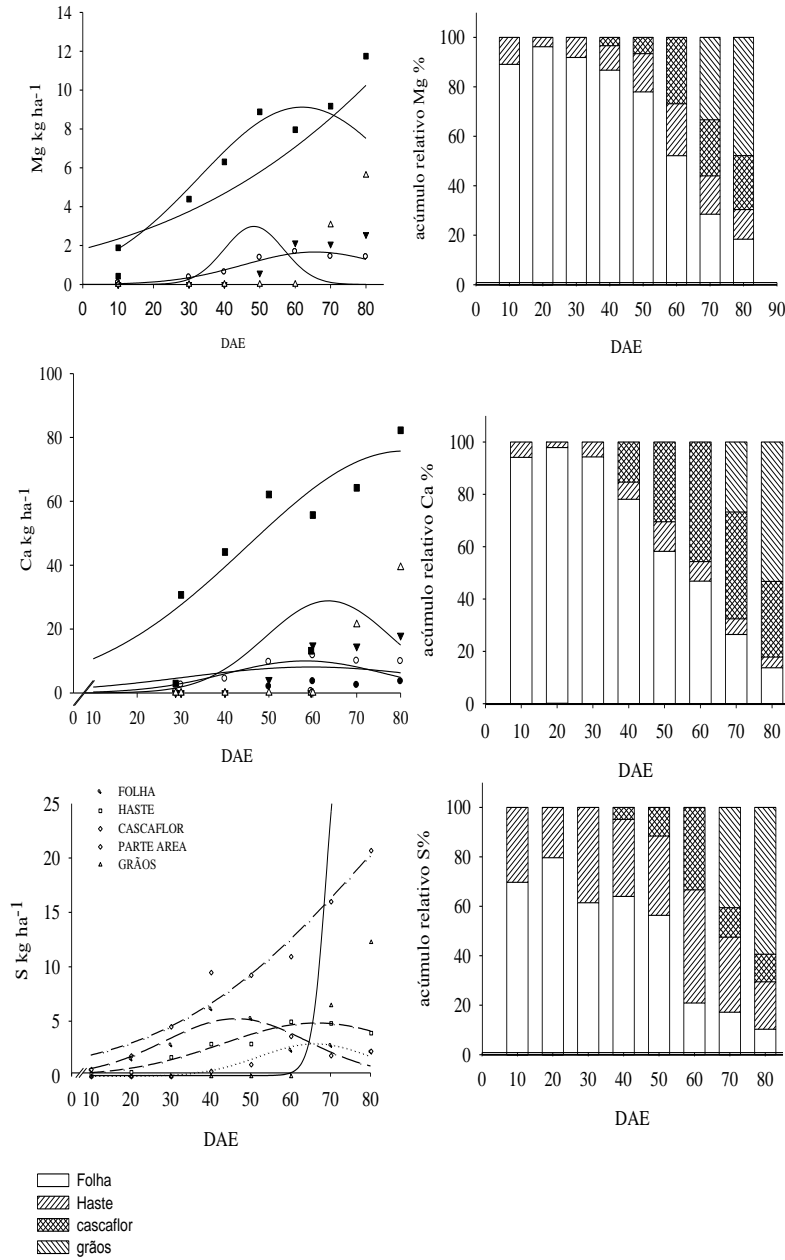
As curvas de acúmulo de Ca, de Mg e de S apresentaram comportamento muito semelhante, pois, nos três casos, o ponto de inflexão foi verificado aos 48–50 DAE (estádio R7) (FIGURA 10). Isso indica que o acúmulo desses nutrientes segue a mesma tendência, variando somente a magnitude da quantidade acumulada, que foi maior para o Ca ( $1,014 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), seguido pelo S ( $0,415 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e pelo Mg ( $0,155 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), extraindo  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca,  $34 \text{ kg ha}^{-1}$  de S e somente  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg (TABELA 8).

Estes resultados confirmam os obtidos por Vieira (2006) que teve o ponto de inflexão entre 46 e 50 DAE estudando o plantio convencional diferindo apenas do S o qual constatou o ponto aos 80 DAE. O mesmo autor obteve taxas de acúmulo semelhante às encontradas no presente estudo, na ordem de Ca ( $1,10$  a  $1, \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e de Mg ( $0,16$  a  $0,49 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), diferindo apenas na taxa de S ( $0,19$  a  $0,20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ). Em média, os resultados encontrados situaram-se na faixa obtida por Cobra Neto (1968) no que diz respeito à taxa de absorção de Ca, Mg e S e o ponto máximo

Avaliando a distribuição dos nutrientes na planta, verificou-se que até o estágio R6 (56 DAE) aproximadamente 60–70% da quantidade acumulada dos três nutrientes estava alocada nas folhas (FIGURA 9). Entretanto, durante a fase reprodutiva, as folhas consistiram na principal fonte de redistribuição de Mg somente, ao passo que, para o S, embora pequena, a redistribuição ocorreu a partir do caule (QUADRO 2). No caso do Ca, a redistribuição para os grãos foi muito baixa, resultando em apenas 15% do total acumulado ao final do ciclo.

**TABELA 10** - Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para a marcha de absorção dos macronutrientes Ca, Mg e S. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Parte da planta	Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado			PI	Estádio	R <sup>2</sup>
	a	X <sub>0</sub>	b	(X <sub>0</sub> . b)		
Cálcio						
Folha	30,2258	46,3191	17,8051	28,514	R6	0,88
Haste	24,8317	66,4691	23,508	42,9611	R6-R7	0,987
Cascaflor	12,9854	65,9263	13,969	51,9573	R7	0,909
Grãos	14,9007	76,9829	5,1933	71,7896	R9	0,988
Total	80,9436	131,0214	80,3392	50,6822	R7	0,986
Magnésio						
Folha	6,1286	47,5462	17,8787	29,6675	R6	0,88
Haste	1,834	65,5837	20,1187	45,465	R6-R7	0,985
Cascaflor	2,2661	75,9218	17,769	58,1528	R8	0,91
Grãos	2,1834	75,7794	4,5706	71,2088	R9	0,988
Total	12,4121	80,9007	32,8272	48,0735	R6-R7	0,962
Enxofre						
Folha	5,2258	46,3191	17,8051	28,514	R6	0,8998
Haste	4,8317	66,4691	23,508	42,9611	R6-R7	0,9759
Cascaflor	2,9854	65,9263	13,969	51,9573	R7	0,909
Grãos	20,9007	68,8513	1,7854	67,0659	R9	0,9869
Total	33,9436	131,0214	80,6822	50,3392	R7	0,9879



**FIGURA 9** - Marcha de absorção e acúmulo relativo de Mg, Ca e S em função de doses de N em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011

### 3.4 Exportação de macronutrientes

No presente trabalho, a produção de grãos estimada foi de 2404 kg ha<sup>-1</sup> (CAPITULO 1) correspondendo à exportação de N, P, K Ca, Mg e S na ordem de 64,9; 3,1; 64,6; 14,9; 2,1 e 20,3 kg ha<sup>-1</sup> (TABELA10). Esse resultado está de acordo com Pessoa (2000) que, para a produtividade estimada de 1.893 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, as quantidades estimadas de nutrientes exportadas nos grãos colhidos, para essa produção máxima em um hectare, foram de 72 kg de N; 15,7 kg de Ca; 15,3 kg de K; 9,4 kg de P; 4 kg de Mg; 102 g de .

Segundo Fageria *et al.* (2004), para produzir uma tonelada de grãos de feijão, foi necessária a acumulação de 36,5 kg de N; 4,2 kg de P; 27,2 kg de K; 2 kg de Ca; 3,9 kg de Mg. Oliveira e Thung (1988) relatam que seria necessária, em média, para produzir uma tonelada de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), uma acumulação de 35,48 kg de N; 4,07 kg de P e de 15,34 kg de K; 3,14 kg de Ca; 2,1 kg de Mg. Já Fageria e Santos (1998) descrevem que, para produzir uma tonelada de grãos, os feijoeiros precisam extrair 23 kg de N; 3,5 kg de P; 22 kg de K. Os dados obtidos neste experimento se enquadram nas faixas demonstradas pelos autores acima citados.

### 3.5 Acúmulo de micronutrientes

Um resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de micronutrientes no feijoeiro é apresentado na Tabela 11. Nesta análise, observa-se que o acúmulo estimado teve alto coeficiente de variação, entre 36,56 e 65,06%, demonstrando baixa precisão experimental. Todas as variáveis analisadas (Cu, Fe, Zn Mn) não foram afetadas tanto pela doses de N em semeadura e cobertura quanto pela interação entre essas.

**TABELA 11** - Resumo da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo micronutrientes Cu, Fe, Zn Mn do feijoeiro em função de doses de N na semeadura e cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

FV	GL	QM			
		Cu	Fe	Zn	Mn
NSEM	3	0,9722	0,1875	5,5764	1,7431
NCOB	3	0,3611	0,1875	5,7431	2,1875
NSEM*	9	0,2130	0,3356	6,1505	0,5764
NCOB					
BLOCO	2	0,0208	0,0625	0,0833	0,1875
erro	30	0,2653	0,1514	0,6167	0,8319
CV(%)		65,06	41,50	36,60	42,32
média (kg ha- 1)		0,7917	0,9400	2,1458	2,6875

a = corresponde ao valor de máximo acúmulo x0 = corresponde ao valor de x, em DAE  
b = corresponde à amplitude no valor de x, em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo.

No presente trabalho, o acúmulo observado em ordem decrescente foi Mn > Zn > Fe > Cu acumulando 2,68; 2,15; 0,94 e 0,779 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo do experimento de Vieira (2006) que, ao analisar duas cultivares, conclui que a acumulação de micronutrientes foi Fe > Mn > Zn > Cu correspondendo à extração de 0,673; 0,168; 0,137 e 0,048, confirmando os resultados de Oliveira (2002) que encontrou a mesma ordem, com diferenças apenas nos valores extraídos.

### 3.6 Marcha de absorção de micronutrientes

As curvas de acúmulo de Cu, de Fe, de Zn e de Mn apresentaram comportamento muito semelhantes, pois, nos três casos, o ponto de inflexão foi verificado aos 48–50 DAE (estádio R7) (FIGURA 10). Isso indica que o

acúmulo desses nutrientes segue a mesma tendência, variando somente a magnitude da quantidade acumulada, que foi maior para o Mn ( $40 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  planta), o Cu ( $20,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  planta), seguido pelo Fe ( $28,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  planta) Zn ( $20,5 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  planta).

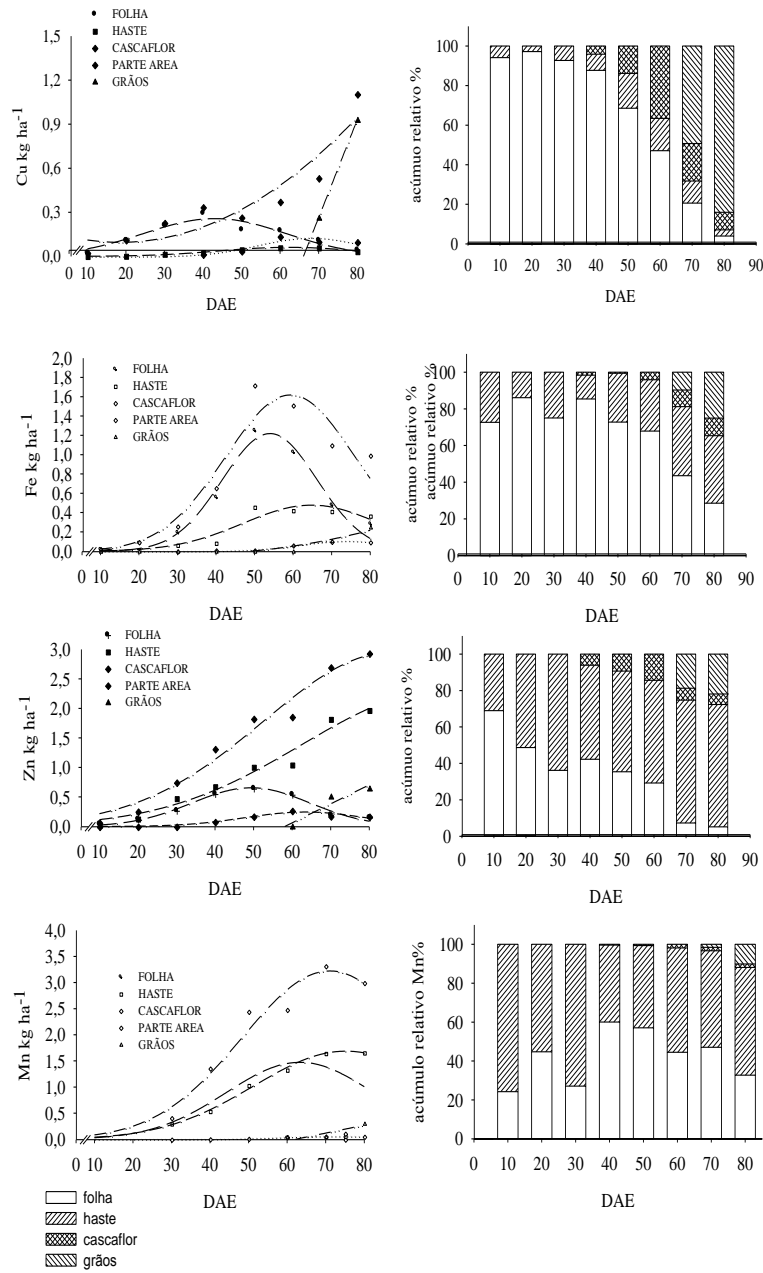
Estes resultados corroboram os obtidos por Vieira (2006) que registrou o ponto de inflexão entre 46 e 50 DAE trabalhando com plantio convencional, diferindo apenas do S o qual constatou o ponto aos 80 DAE. O mesmo autor obteve taxas de acúmulo semelhante às encontradas no presente estudo, na ordem de Mn ( $3 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), Fe ( $41,7 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), Zn ( $0,19$  a  $0,20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e de Cu ( $0,19$  a  $0,20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) (TABELA 12).

**TABELA 12** - Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado para a marcha de absorção dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

Parte da planta	Estimativa dos parâmetros do modelo ajustado			PI ( $X_0 - b$ )	$R^2$
	a	$X_0$	b		
Cobre					
folha	0,6548	49,2804	15,3016	33,9788	0,985
haste	2,29	98,9805	36,4003	62,5802	0,983
cascaflor	0,2441	63,3102	15,6342	47,676	0,968
grãos	0,2408	67,2882	1,5453	65,7429	0,668
total	2,9481	85,8678	33,1916	52,6762	0,986
Zinco					
folha	0,6548	49,2804	15,3016	33,9788	0,948
haste	2,29	98,9805	36,4003	62,5802	0,998
cascaflor	0,2441	63,3102	15,6342	47,676	0,996
grãos	0,4936	75,3869	4,9291	70,4578	0,988
total	2,9481	85,8678	33,1916	52,6762	0,962
Manganês					
folha	1,4722	63,2866	19,1159	44,1707	0,948
haste	1,6858	75,1336	23,7749	51,3587	0,998
cascaflor	0,0609	72,1677	14,3198	57,8479	0,996
grãos	,0707	86,0275	7,6966	78,3309	0,988
total	3,221	71,0007	22,5827	48,418	0,962
Ferro					
folha	1,2177	53,9583	12,3194	41,6389	0,948
haste	0,4764	64,7046	17,6578	47,0468	0,998
cascaflor	0,0609	72,1677	14,3198	57,8479	0,996
grãos	0,643	70,4009	0,8915	69,5094	0,678
total	1,6177	59,3008	12,7451	47,5557	0,962

a = corresponde ao valor de máximo acúmulo  $x_0$  = corresponde ao valor de x, em DAE  
b = corresponde à amplitude no valor de x, em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo.





**FIGURA 10** - Marcha de absorção e acúmulo relativo de Cu, Fe Zn Mn em função de doses de N em cobertura. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2011.

### 3.7 Exportação de micronutrientes

No presente trabalho a produção de grãos estimada foi de 2404 kg ha<sup>-1</sup> (Capítulo 2) correspondendo à exportação de Mn, Zn, Fe e Cu na ordem de 2687,5; 2145,83; 937,5; 791,66; 937,53 g ha<sup>-1</sup> (TABELA10). Esse resultado corrobora os resultados de Pessoa (2000) que para a produtividade estimada de 1.893 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, as quantidades estimadas de nutrientes exportadas nos grãos colhidos, para essa produção máxima em um hectare, foram de 102 g de Fe; 63 g de Zn; 25 g de Cu; 23 g de Mn; e 3,2 g de Mo.

Conforme Fageria *et al.* (2004), para produzir essa uma tonelada de grãos de feijão, foi necessária a acumulação de 52 g de Mn, 331 g de Fe, 23g de Zn, 4g de Cu . Oliveira e Thung (1988) relatam que seria necessária, em média, para produzir uma tonelada de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), uma acumulação de 121 g de Mn, 52 g de Zn, 11 g de Cu. Já Barbosa Filho (2004) descreve que, para produzir uma tonelada de grãos, os feijoeiros precisam extrair 25 g de Mn, 220 g de Fe, 52 g de Zn, 11,4 kg de Cu. Os dados obtidos neste experimento se enquadram nas faixas demonstradas pelos autores acima citados.

#### 4 CONCLUSÕES

A absorção de nutrientes na cultura do feijoeiro segue a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>S>Mg>P>Mn>Zn>Fe>Cu.

A exportação de nutrientes na cultura do feijoeiro segue a seguinte ordem decrescente: K=N>S>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn>Cu

A absorção de N, K, Ca teve efeito quadrático com a adição de doses de

Os valores absorvidos médios de macronutrientes e micronutrientes e as suas quantidades extraídas situaram-se nas faixas consideradas normais.

A maior taxa de absorção de macronutrientes situou entre 50-60 DAE entre os estádios R7 e R8.

A maior taxa de absorção de micronutrientes situou entre 40-50 DAE entre os estádios R6 e R7.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, E. J. *et al.* Feijão. In: RAIJ, B. . *et al.* eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100)

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema de plantio direto. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p. 873-928.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E. de; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233-255

ARF, O. *et al.* Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

ARF, M. V. . *et al.* Avaliação do teor de nitrogênio foliar com uso do clorofilômetro e o método da digestão sulfúrica em feijoeiro de inverno cultivado em Sistema Plantio Direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza-CE: Embrapa. CD\_ROOM.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 35, p. 1317-1324, 2004.

BULISANI, E. A. **Crescimento e absorção de nutrientes em cinco cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1994. 150 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 1994.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília\_DF, v. 35, p. 1317-1324, 2000.

CHAGAS, J. M . *et al.* Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; Alvarez, V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**, 1999. p. 306-307.

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-MG, v. 27, n. 3, p. 445-450, maio/jun. 2003.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 1967. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1967.

EL-HUSNY, J. C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) em um solo do Norte de Minas Gerais**. 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 1992.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Rice and common bean growth and nutrient concentrations as influenced by aluminum on an acid lowland soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 5, p. 903-912, 1998.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijão a adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p. 8-9, 2003.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2004. p. 435- 455.

FARINELLI, R . *et al.* Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

FEITOSA, C. T. *et al.* Adubação NP para o feijoeiro na presença e ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 156-159, 1980.

LIMA, E. V. *et al.* Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 58, n. 1, p. 125-129, jan./mar. 2001.

KANEKO, F. H . *et al.* Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas. v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KIKUTI, H . *et al.* Teores de Macronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005. p. 1093-1096.

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

MARTINEZ, H. E. P. *et al.* **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa-MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.

MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. **Anais...** Viçosa: UFV, 1971. p. 211-242.

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O.; SILVA, M. G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.

OLIVEIRA, I. P. de; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, I. P. *et al.* **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1994. p.169-221.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. S. de. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Brasília-DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002

OMETTO, J. C. Classificação Climática. In: OMETTO, J. C. **Bioclimatologia tropical**. São Paulo: Ceres, 1981, p. 390-398.

PETRILLI, 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 da UNESP - Campus de Botucatu, Botucatu-SP, 2007.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 2006. p. 415-436.

RAIJ, B. van . *et al.* **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico 100).

ROCHA, M. de M. *et al.* Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 44, n. 03, p. 270-275, 2009.

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

SILVA, A. A. *et al.* Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.

SILVA, C. C.; SILVEIRA, P. M. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 86-96, 2000.

SILVEIRA, P. M. da; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, nov. 1993.

TEIXEIRA, C. M. *et al.* Nutrição mineral do feijoeiro sob influência de nitrogênio e palhadas de milho solteiro e consorciado com crotalária. **Fazu em Revista**, Uberaba, n. 7, p. 73- 79, 2010.

VIEIRA, N. M. B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional** . 2006. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2006.

ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada, produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro cv. Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã**. 2005. 183 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.