

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

**NITROGÊNIO NA SEMEADURA E EM COBERTURA PARA O
FEIJOEIRO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO EM FASE DE
IMPLANTAÇÃO E CONSOLIDADO**

ADELSON ANTONIO GUIDOLIN PEREZ

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

BOTUCATU – SP
Agosto – 2010

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

**NITROGÊNIO NA SEMEADURA E EM COBERTURA PARA O
FEIJOEIRO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO EM FASE DE
IMPLANTAÇÃO E CONSOLIDADO**

ADELSON ANTONIO GUIDOLIN PEREZ

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

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

BOTUCATU – SP
Agosto – 2010

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

P438n Perez, Adelson Antonio Guidolin, 1980-
Nitrogênio na semeadura e em cobertura para o feijoeiro em sistema plantio direto em fase de implantação e consolidado / Adelson Antonio Guidolin Perez. Botucatu: [s.n.], 2010
x, 69 f.: grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2010
Orientador: Rogério Peres Soratto
Inclui bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Nitrogênio. 3. Plantio direto. 4. Época de aplicação. 5. Produtividade de grãos. I. Soratto, Rogério Peres. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu . III. Título.

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

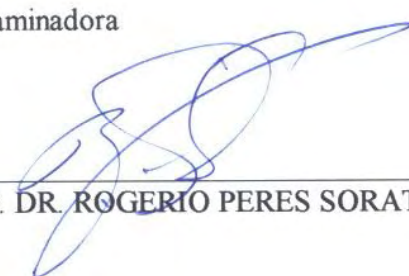
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: NITROGÊNIO NA SEMEADURA E EM COBERTURA PARA O FEIJOEIRO
EM SISTEMA PLANTIO DIRETO EM FASE DE IMPLANTAÇÃO E
CONSOLIDADO

ALUNO: ADELSON ANTONIO GUIDOLIN PEREZ

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO



PROF. DR. CIRO ANTONIO RO SOLEM



PROF. DR. ANTONIO LUIZ FANCELLI

Data da Realização: 13 de agosto de 2010.

OFEREÇO

Aos meus pais Oswaldo e Inez,
por todo o incentivo e confiança que guardo
humildemente em meu coração.

Aos meus irmãos que sempre
me ajudaram e me apoiam em
todas as etapas da minha vida.

Aos amigos pelo auxílio à elaboração
da dissertação, ao companheirismo e a amizade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo, iluminando o meu caminho e reforçando a minha fé e perseverança.

Ao Professor Dr. Rogerio Peres Soratto pela imensa orientação, grande amizade e respeito.

Aos alunos de pós-graduação Adriana, Adalton, Genivaldo e Emerson pelo auxílio na condução do experimento e realização deste trabalho.

A aluna da pós-graduação do campus de Jaboticabal Maria Gabriela Fontanetti Rodrigues, por todo seu apoio, incentivo e carinho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido por meio de bolsa de estudo e subvenção do trabalho de pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura e da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da FCA/UNESP, Botucatu, pela contribuição nas atividades do experimento.

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal-Agricultura da FCA/UNESP, Botucatu, pelo incentivo ao meu trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
5 MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Caracterização da área experimental	15
5.2 Delineamento experimental e tratamentos	17
5.3 Instalação e condução do experimento	17
5.4 Avaliações realizadas no solo	19
5.5 Avaliações realizadas na cultura do feijão	20
5.6 Análise estatística	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1 Características químicas, teor de N-mineral e grau de humificação da matéria orgânica do solo	23
6.2 Características físicas do solo	29
6.3 Cultura do feijão	31
7 CONCLUSÕES	57
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1. Características químicas do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em janeiro dos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, em função do sistema de manejo. Média de oito repetições	24
2. Teores de N-mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), carbono orgânico total (COT), carbono ligado a ácido húmico (C-AH), carbono ligado a ácido fúlvico (C-AF) e carbono ligado a humina (C-HU) do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em janeiro dos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, em função do sistema de manejo. Média de oito repetições.	27
3. Características físicas do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, avaliados em abril dos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09. Média de oito repetições.	30
4. Matéria seca, teor de N, quantidade de N acumulada na parte aérea da cultura do feijão no estágio V4 em função do sistema de manejo. Botucatu, SP	31
5. População de plantas e quantidade de matéria seca da parte aérea da cultura do feijão, no florescimento pleno (estádio R6), em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP	32
6. Teor de N e quantidade de N acumulada na parte aérea da cultura do feijão, no florescimento pleno (estádio R6), em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.	36
7. Teores de N, P e K nas folhas da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.	39
8. Teores de Ca, Mg e S nas folhas da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.	42
9. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP	44
10. População final de plantas, número de vagens por planta e número de grãos por vagem da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP	47
11. Massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de proteína nos grãos da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.	51

12. Aumento da produtividade de grãos do feijoeiro e eficiência de uso do N, considerando o sistema de manejo e a aplicação de doses de N em cobertura, Botucatu, SP.....	55
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e temperatura mínima obtidas na área experimental durante o período de janeiro a março e datas de emergência, adubação nitrogenada de cobertura, florescimento e colheita da cultura do feijão, dos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Botucatu-SP.....	16
2. População de plantas no florescimento da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo no ano agrícola 2007/08 (A) e na média dos quatro sistemas de manejo em 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.	33
3. Matéria seca da parte aérea no florescimento da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.	34
4. Produção de matéria seca da parte aérea no florescimento da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.....	35

5. Teor de N na parte aérea da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. 37
6. Quantidade de N acumulada na parte aérea da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. 38
7. Teor de N nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. 40
8. Teor de K nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. 41
9. Teor de Ca nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. 42
10. Teor de Mg nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. 43
11. Teor de Mn nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. 45

12. Teor de Zn nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. 46
13. População final de plantas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo no ano agrícola 2007/08 (A) e na média dos quatro sistemas de manejo em 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. 48
14. Número de vagens por planta da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo no ano agrícola 2007/08 (A) e na média dos quatro sistemas de manejo em 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. 49
15. Massa de 100 grãos da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. 51
16. Produtividade de grãos da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. 52
17. Teor de proteína nos grãos da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. 54

1 RESUMO

Com o aumento do cultivo de feijão no sistema plantio direto, torna-se necessário o conhecimento da reposta dessa cultura ao nitrogênio em solo sem preparo convencional por diferentes períodos de tempo, já que a disponibilidade desse nutriente pode ser alterada pelo sistema de manejo do solo. O objetivo foi avaliar o efeito da aplicação antecipada e/ou em cobertura do nitrogênio no feijoeiro cultivado em áreas com sistema plantio direto recém-implantado ou consolidado. O experimento foi conduzido durante o período “da seca”, nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09, em um Nitossolo Vermelho, no município de Botucatu-SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por quatro sistemas de manejo (SPDR: sistema plantio direto recém-implantado (a cultura do feijão será a primeira cultura a ser implantada no sistema de plantio direto); SPDC: sistema plantio direto consolidado (23 anos após a implantação); SPDR+N: sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha^{-1} de nitrogênio antecipado; SPDC+N: sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha^{-1} de nitrogênio antecipado). As subparcelas foram constituídas por quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1}). A adubação de cobertura foi efetuada no estágio fenológico V4, nos dois anos agrícolas. O tempo que a área permaneceu sob sistema plantio direto não influenciou a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada. A antecipação do N contribuiu para a manutenção da população de plantas almejada. A aplicação de N antecipado e em cobertura aumentou o número de vagens por planta, a massa dos grãos, o teor de proteína nos grãos e a

produtividade de grãos do feijoeiro. Houve maior eficiência de uso do N quando este foi antecipado, do que quando aplicado em cobertura.

SOWING AND SIDEDRESSING NITROGEN FERTILIZATION FOR COMMON BEAN CROP IN NEWLY AND ESTABLISHED NO-TILLAGE SYSTEMS. Botucatu, 2010. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
Author: ADELSON ANTONIO GUIDOLIN PEREZ
Adviser: ROGÉRIO PERES SORATTO

2. SUMMARY

With the increase in common bean growth under no-tillage, it is necessary to know the response of this crop to nitrogen in soil without conventional tillage for different periods of time, since the availability of this nutrient can be changed by the system of soil management. The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen early and/or sidedressed application for common bean crop, grown in newly implemented and established no-tillage system. The experiment was conducted during the dry period, in the 2007/08 and 2008/09 cropping seasons, on a Red Nitosol (Alfisol) located in Botucatu County, São Paulo State, Brazil. A randomized complete block design, in split-plot scheme, and four replications was used. The plots were composed by four management systems (NNT: newly implemented no-tillage system (common bean crop was the first to be cropped in no-tillage system); ENT: established no-tillage system (23 years without soil tillage); NNT+N: newly implemented no-tillage system with application of 60 kg ha^{-1} of nitrogen early at common bean sowing, and ENT+N established no-tillage system with application of 60 kg ha^{-1} of nitrogen early at common bean sowing). The subplots were composed by four sidedressed nitrogen doses (0, 30, 60, and 120 kg ha^{-1}). The nitrogen sidedressing fertilization was performed in the V4 growth stage, in both cropping seasons. The time that area remained under no-tillage system did not influence the response of common bean plants to nitrogen fertilization. Nitrogen early application at common bean sowing contributed to maintaining the desired plant population. Nitrogen early and sidedressing application increased pods number per plant, grains weight,

protein concentration in grains and grain yield of common bean. Nitrogen early application was more efficient than sidedressing application.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, nitrogen, soil tillage systems, application timing, grain yield.

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no que se diz respeito à questão alimentar e nutricional, constitui-se em importante fonte protéica e energética na alimentação da população brasileira. A produção na safra 2007/08 foi da ordem de 3,52 milhões de toneladas, com área colhida de aproximadamente 3,99 milhões de hectares, sendo a Região Sul correspondente por 29,8% da produção nacional, seguida pela Região Sudeste com 24,6% (CONAB, 2010).

Devido sua grande adaptabilidade, o feijoeiro pode ser cultivado durante todo o ano, em praticamente todas as regiões do país, compondo desde sistemas agrícolas com baixo uso tecnológico, com objetivo principal de subsistência, até sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados.

O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela cultura do feijão e, embora o feijoeiro supra parte da sua demanda de N pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade fornecida por esse processo é insuficiente, necessitando ser completada por meio de adubação mineral, para que se obtenha elevada produtividade de grãos. Porém, a eficiência da adubação nitrogenada é dependente de diversos fatores, dentre eles: tipo de solo, cultura anterior, níveis de fertilização nitrogenada, fonte utilizada, modo de aplicação, parcelamento, condições climáticas, distribuição de chuvas e sistema de manejo do solo.

O sistema plantio direto (SPD) é o grande responsável pela manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização agrícolas dos solos

(OLIVEIRA et al.; 2000). Esse sistema, em razão da manutenção dos resíduos vegetais na sua superfície, promove maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorece a infiltração, reduz perda de água por escoamento superficial e perda de solo por erosão. Nesse sistema, porém, pelo fato de os restos culturais permanecerem na superfície do solo, a taxa de mineralização da matéria orgânica é mais lenta, quando comparada com sistema convencional (AMADO; MIELNICZUK, 2000), o que tem acarretado menor disponibilidade de N às plantas, principalmente, na fase de implantação até a consolidação do sistema e se a implantação da cultura for feita em sucessão a gramíneas. Após alguns anos de adoção do sistema, ocorre estabilização das condições e o caráter fonte e dreno se equivalem e, com o passar dos anos, com o aporte de N via decomposição de resíduos será maior que a quantidade de N imobilizado pelos microorganismos do solo, o que torna a demanda por N menor (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000).

Nos últimos anos, vem crescendo o cultivo de feijão também no SPD. O aumento das áreas sob esse sistema exige aprofundamento no conhecimento da dinâmica do N para que seja atingida a máxima eficiência técnica e econômica das adubações nessa cultura. Assim, é de extrema importância determinar qual a melhor dose e época de aplicação em função do tempo em que a área se encontra sob SPD.

O presente projeto de pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação antecipada e/ou em cobertura do N no feijoeiro cultivado em áreas com SPD recém-implantado ou consolidado.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão do gênero *Phaseolus* e o primeiro de feijão comum (YOKOYAMA, 2007). Essa espécie apresenta ampla adaptação edafoclimática, o que possibilita seu cultivo durante todo o ano, em praticamente todos os estados da federação em três diferentes épocas de semeadura. A safra “das águas”, cuja semeadura é realizada de agosto a novembro, representou em 2007/08 cerca de 33% da área colhida; safra “da seca”, de janeiro a março (abrange a maioria dos estados produtores), com participação de 47% da área colhida e “de inverno”, com semeadura de abril a julho, realizada nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste (CONAB, 2010).

Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que o torna uma cultura apropriada para compor, desde sistemas agrícolas com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência, até aqueles intensivos irrigados, altamente tecnificados (AIDAR, 2007).

No que diz respeito à questão alimentar e nutricional, o feijoeiro constitui-se em importante fonte protéica e energética, compondo a base da alimentação tradicional do brasileiro. Cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, o feijoeiro comum reveste-se de grande importância econômica e social.

Para o favorecimento do desenvolvimento do feijão e conseqüentemente a obtenção de altas produtividades de grãos, é importante o emprego de tecnologias apropriadas, como o manejo adequado do solo, a escolha correta da cultivar, época

de semeadura ideal para a região de cultivo, densidade de plantas satisfatórias, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, além da suplementação adequada de nutrientes. Além disso, o feijoeiro é exigente em nutrientes, em decorrência, principalmente, do seu sistema radicular superficial, além de seu ciclo curto (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

Nas regiões tropicais e subtropicais, os sistemas de produção que envolvem o excessivo revolvimento da camada superficial do solo pelo preparo, promovem a decomposição acelerada dos componentes orgânicos tornando-os mais sujeitos às variações rápidas que afetam negativamente o desenvolvimento da planta e o deixa exposto aos processos erosivos (PÖTTKER, 1977; DERPSCH et al., 1990; BAYER et al., 2000a; 200b). Os solos sob cultivo devem ser manejados de forma que alterem o mínimo possível as suas características originais, especialmente aquelas que afetam a infiltração e a retenção de água bem como a agregação e a porosidade (CASTRO, 1987).

O SPD vem destacando-se como uma das formas mais eficientes para melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de controlar a erosão, uma vez que evita a desagregação das partículas e o selamento superficial, aumenta a infiltração de água e diminui o escoamento superficial, devido principalmente à cobertura vegetal que permanece sobre o solo (WUTKE et al., 1993; HERNANI et al., 1999).

De acordo com Alvarenga et al. (2001), no SPD a utilização de espécies com relação C/N mais alta (como é o caso de gramíneas), acarreta decomposição mais lenta da palhada deixada sobre a superfície do solo. Embora o SPD promova um aumento nos teores de N total do solo, freqüentemente se observa uma menor absorção de N pelas plantas neste sistema, especialmente na fase de implantação, em comparação com o sistema convencional (KITUR et al., 1984; AMADO et al., 2000). Diversas causas têm sido apontadas para explicar essa menor disponibilidade de N: maiores perdas por lixiviação e desnitrificação, menor mineralização dos resíduos da cultura anterior e do N orgânico do solo e uma maior imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura, além da possibilidade de interações entre alguns desses fatores (AMADO et al., 2000). Dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de N no SPD, a imobilização microbiana do N tem sido considerada a mais importante (KITUR et al., 1984), sendo a principal causa da menor disponibilidade desse elemento às plantas no SPD em fase de implantação (VARGAS; SCHOLLES, 1998; AMADO et al., 2000; CERETTA et al., 2002; VARGAS et al., 2005).

A imobilização de N consiste na incorporação do elemento na forma mineral às células dos microrganismos (CANTARELLA, 2007). O processo é favorecido em solos com relação C/N muito acima daquela encontrada em solos cultivados bem drenados, situada em torno de 10, ou quando são incorporados ao solo restos orgânicos de relação C/N alta (>30:1) (SILGRAM; SHEPHERD, 1999; RAIJ, 1991). Esse processo além de ser promovido por microrganismos heterotróficos (quimiorganotróficos), é realizado também pelas plantas, através da assimilação e incorporação em seus tecidos, e por microrganismos do solo que fixam N_2 da atmosfera, porém, esses tipos de assimilação de N inorgânico não são considerados na definição de imobilização na ciclagem de N do solo (CANTARELLA, 2007). Mas, se por um lado a biomassa microbiana imobiliza o N, diminuindo a sua disponibilidade para as culturas, por outro, pode se constituir em uma fonte de N potencialmente mineralizável (VARGAS et al., 2005; ANGHINONI, 2007).

Pela mineralização, a matéria orgânica, especialmente restos orgânicos de origem mais recente, é decomposta, com a liberação de gás carbônico e formas minerais de N, bem como enxofre e fósforo. A liberação de N mineral da matéria orgânica é favorecida por valores baixos da relação C/N da matéria orgânica (CANTARELLA, 2007). A mineralização do N orgânico processa-se por diversas etapas e as reações, promovidas por microrganismos, culminam com a formação de nitrato (RAIJ, 1991). A mineralização é a conversão do N orgânico em N mineral (NH_4^+ e NO_3^-), realizada por microrganismos heterotróficos do solo (CANTARELLA, 2007). Esse processo, nos agroecossistemas, é governado pelas condições edafoclimáticas, onde a temperatura, a umidade, a relação C/N dos resíduos vegetais, a textura do solo, o pH são os principais fatores controladores do mesmo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). A velocidade de decomposição/mineralização e, conseqüente utilização do N contido nos adubos verdes, resíduos de culturas comerciais e plantas daninhas, depende de suas características, principalmente a relação C/N, lignina/N e polifenóis/N, teor de N de lignina e de polifenóis (MYERS et al., 1994; PALM; SANCHEZ, 1991). Existem fatores ambientais que também afetam a disponibilidade do N no solo para as plantas, já que agem sobre a atividade de microrganismos decompositores, destacando-se a temperatura e a umidade, o teor e a localização da matéria orgânica do solo, assim como a quantidade de resíduo vegetal deixado ou adicionado ao solo (AMADO et al., 2002; CANTARELLA, 2007).

Os processos de mineralização/imobilização ocorrem concomitantemente, porém, em sentidos inversos (CANTARELLA, 2007; ANGHINONI, 2007), podendo ocorrer no solo reimplantação e remineralização do mesmo “pool” de N.

A magnitude e a duração da imobilização microbiana do N no solo acarretam consequências agronômicas importantes, pois afetam a disponibilidade de N para as culturas, com implicações no modo, época e dose de fertilizante a ser aplicado (CANTARELLA, 2007).

A mineralização/imobilização de N, exercidas pelos microrganismos do solo sob SPD, levam a matéria orgânica a funcionar como fonte ou dreno de N o que na maioria das vezes, depende do tempo de adoção do SPD (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000). Nos primeiros anos de adoção do sistema prevalece o caráter dreno, devido ao acúmulo de matéria orgânica do solo exceder a decomposição. Após alguns anos de adoção do sistema, ocorre estabilização das condições e as características de fonte e dreno se equivalem e, com o passar dos anos, com o aporte de N via decomposição de resíduos será maior que a quantidade de N imobilizado pelos microorganismos do solo (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000; AMADO et al., 2002).

Uma caracterização das fases da evolução do sistema solo com o tempo de cultivo no SPD foi apresentada por Sá (2001) e auxilia a compreensão da sua dinâmica. A fase inicial dura de 0 a 5 anos da implantação; a de transição dura dos 5 aos 10 anos; a de consolidação vai dos 10 aos 20 anos; e a de manutenção, em sistema com mais de 20 anos. Sendo que com a evolução das fases, ocorre acúmulo de matéria orgânica, rearranjo da estrutura do solo, aumento da ciclagem e do estoque de nutrientes, da CTC e taxa de mineralização maior que a imobilização, principalmente devido ao aporte de resíduos vegetais com baixa relação C/N.

Quando o SPD é adotado em áreas há longo período em sistema de preparo convencional do solo, apresentando elevado nível de degradação (OLIVEIRA et al., 2000), a matéria orgânica expressa, ao máximo, seu caráter de dreno de N, na fase inicial de adoção do sistema. Segundo Sá (1996; 1999), isso tem favorecido a ocorrência de maior resposta a N pelas culturas na fase inicial da implantação do SPD, sendo que até o quarto ano após o início da adoção do sistema a necessidade de fertilizantes nitrogenados é maior.

Embora o feijoeiro supra parte da sua demanda de N pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium* a quantidade fornecida por esse processo é insuficiente, necessitando ser completada, o que via de regra é feito por meio de adubação mineral (SILVA, 1998). Assim, para obtenção de boa produtividade o fornecimento de N à cultura do feijão é fundamental, pois o N é o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pelo feijoeiro e, pelo fato de aproximadamente 50% do N total absorvido ser exportado para os grãos, a sua deficiência é a mais freqüente (OLIVEIRA et al., 1996). Plantas com deficiência desse elemento apresentam-se atrofiadas e as folhas revelam coloração entre verde pálido e amarelo, que se inicia pelas folhas mais velhas e relaciona-se com a participação do N na estrutura da molécula de clorofila (OLIVEIRA et al., 1996). Além disso, a deficiência de N provoca mudanças na resistência difusiva do CO₂, em virtude do aumento na resistência do mesófilo e em menor proporção na resistência estomática (RYLE; HESKETH, 1969), alterando a síntese e atividade da ribulose 1,5 bisfosfato carboxilaseoxigenase (Rubisco), o que provoca redução nas taxas fotossintéticas (COSTA et al., 1988), com conseqüências no desenvolvimento e produtividade das culturas.

Canechio Filho (1987) ressalta que alta exigência da cultura do feijão em relação ao N se deve ao fato desta ser uma leguminosa produtora de grãos ricos em proteínas, fato este que a torna mais exigente em N que algumas outras plantas.

Por ser um nutriente que apresenta grande dinâmica no sistema solo-planta, o manejo adequado do N é tido como um dos mais difíceis (SANTOS et al., 2003), sendo essencial, para a obtenção de altas produtividades que este nutriente seja colocado à disposição da planta em quantidade, tempo e locais adequados (CARVALHO et al., 2001). Além disso, Binotti (2006) destacou que o principal objetivo do uso racional do N é aumentar a eficiência na sua utilização, considerando os custos financeiros e energéticos, e os riscos ambientais envolvidos.

Em sistema convencional de preparo de solo, Carvalho et al. (1992) recomendam 90 kg ha⁻¹ de N para alcançar a produtividade máxima. Silveira e Damasceno (1993) verificaram que a produtividade de grãos da cultura do feijão irrigado mostrou resposta quadrática à adubação nitrogenada, atingindo o máximo com a dose de 72 kg ha⁻¹ de N. Diniz (1995) avaliando a resposta da cultivar Carioca à aplicação de N em semeadura e em cobertura, em épocas distintas (“safra de inverno” e “safra das águas”), verificou que a

aplicação de cobertura foi eficiente na dose de 30 kg ha^{-1} de N, aumentando o número de vagens por planta e peso de semente, resultando em acréscimo de produtividade da ordem de 19 a 30%, correspondendo a 1.358 kg ha^{-1} de grãos. Valério et al. (1999), em preparo convencional, concluíram que a produtividade máxima de 2.041 kg.ha^{-1} obtida pela cultivar Pérola em duas épocas de cultivo (“safra de inverno” e “safra das águas”) foi devido a aplicação de 90 kg ha^{-1} de N em cobertura, associado com a dose de $84,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na semeadura. Silva et al. (2000) obtiveram resposta quadrática do feijoeiro ao N e a produtividade máxima foi alcançada com 74 kg ha^{-1} do nutriente em cobertura.

Nos últimos anos, vem crescendo o cultivo de feijão no SPD. Sob esse sistema, Soratto et al. (2001), Silva (2002) verificaram resposta linear da produtividade até a dose máxima testada, ou seja, 100 e 150 kg ha^{-1} , respectivamente. Carvalho et al. (2003) obtiveram acréscimos de produtividade até a dose máxima de N testada (140 kg ha^{-1}). Para Soratto et al. (2004), no sistema de preparo convencional, a produtividade máxima foi alcançada com a dose estimada de 129 kg ha^{-1} de N em cobertura, enquanto no SPD, a dose estimada foi de 182 kg ha^{-1} de N, indicando maior necessidade de N pela cultura nesse sistema de cultivo. Como os cultivos foram realizados em sucessão a gramíneas, a elevada quantidade de N exigida está relacionada à necessidade dos microrganismos presentes no solo. Essa grande quantidade de N é utilizada pelos microrganismos na decomposição dos restos culturais, de alta relação C/N, competindo, portanto, com o feijoeiro. Esses resultados subsidiam os pressupostos da necessidade de maiores quantidades de N para o feijoeiro em SPD em fase de implantação (CARVALHO et al., 2003). Além do que, sob condições de menor estresse hídrico, proporcionado por esse sistema (STONE; SILVEIRA, 1999; ANDRADE et al., 2002), o feijoeiro pode apresentar melhor eficiência de utilização do N aplicado (COSTA et al., 1988).

Uma opção para aumentar a disponibilidade de N no início do crescimento do feijão, objetivando minimizar o efeito da imobilização pelos microrganismos, seria a aplicação do N antecipado na pré-semeadura ou na semeadura do feijão (SÁ, 1996; MAI et al., 2002).

Valério et al. (2003) verificaram que é possível a obtenção de produtividades próximas a 2.000 kg ha^{-1} , utilizando apenas N na semeadura, com redução da dose total de N aplicada, pois na dose zero de N em cobertura, a resposta as doses de N na

semeadura foi linear até a dose máxima utilizada (120 kg ha^{-1} de N). Isso significa dizer que, essa dose máxima não foi capaz de causar injúrias às sementes e prejuízos à emergência das plântulas. Entretanto, em alguns casos essa elevada dose de N no sulco de semeadura compromete a população de plantas (URBEN FILHO et al., 1980; SILVEIRA; DAMASCENO, 1993; RODRIGUES et al., 2002; BINOTTI, 2004; DALASTRA et al., 2004; KIKUTI et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2005).

Trabalhos recentes de pesquisa atestam que, para determinadas condições, a aplicação do total ou de doses maiores de N na semeadura, ou antecipado em operação distinta da semeadura, tem propiciado as mais altas produtividades (SÁ, 1999; KLUTHCOUSKI et al., 2006; SORATTO et al., 2008). Para Kluthcouski et al. (2006), a aplicação antecipada do N (incorporação um dia antes da semeadura) resultou em aumento significativo da produtividade de feijão até a dose de 90 kg ha^{-1} de N, sendo mais expressivo até 45 kg. Verificou-se também que, na ausência de N antecipado, a aplicação da mesma dose, em cobertura imediatamente após a emergência das plantas, resultou em ganho de produtividade similar, comparado à antecipação de sua aplicação. Isto demonstra que o feijoeiro, no período inicial de desenvolvimento, necessita de maior dose de N. Entretanto, para a obtenção de elevadas produtividades de grãos, faz-se necessário complementar o N em cobertura.

Soratto et al. (2008) estudando a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N a lanço, na forma de sulfato de amônio, antes do manejo da planta de cobertura, no dia da semeadura ou em cobertura 23 dias após a emergência das plantas, verificaram não haver influência da época de aplicação na produtividade de grãos do feijoeiro, cultivado em SPD após milho, e que, independentemente da época, a aplicação de N proporcionou incremento da produtividade em relação ao tratamento que não recebeu adubação nitrogenada.

A aplicação de N em pré-semeadura pode ser vantajosa pelo maior rendimento operacional de máquinas, pela maior facilidade de distribuição a lanço, economia de tempo e de mão-de-obra, menor custo operacional de máquinas e redução no gasto de combustível, lubrificante e reparos, levando-se em conta as condições climáticas e o tempo de antecipação (CERETTA, 1998; ANGHINONI, 2007), estando, esta prática fundamentada no melhor conhecimento da dinâmica do N no solo em sistemas de cultivo sob SPD (SÁ, 1999) e na eficiência dos fertilizantes nitrogenados (LOPES et al., 2004). Segundo esse autor, a

aplicação de N em pré-semeadura possibilita também maior flexibilidade no período da aplicação de N e uso da mão-de-obra. Além disso, altas concentrações de nutrientes nos estádios iniciais de desenvolvimento podem promover maior crescimento inicial do feijoeiro em SPD, pois segundo Kluthcouski et al. (2006), há falta de N na fase inicial de desenvolvimento para as principais culturas anuais de grãos.

Contudo, não existe trabalho na literatura que demonstre se existe diferença na resposta do feijoeiro, cultivado em SPD em fase de implantação ou consolidado, à aplicação de N.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu – SP (22° 51' S, 48° 26' W e 740 metros de altitude). O clima de acordo com a classificação de Koppen é do tipo Cwa, subtropical, com verões quentes e úmidos, e invernos frios e secos durante. Os dados climáticos registrados durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999). A área experimental faz parte de um programa de estudos de longo prazo visando comparar dois sistemas de manejo de solo: preparo convencional e SPD.

Iniciado em 1985, o programa utilizou a seqüência de culturas de trigo e soja até março de 1995, permanecendo em pousio até abril de 1999, quando realizou-se um experimento envolvendo espécies de adubo verde e cultura de milho nesses dois sistemas. Posteriormente a mesma foi deixada novamente em pousio até 2002. Durante os anos agrícolas de 2002/03 e 2003/04 foi realizado na área um experimento com a sucessão aveia-preta/milheto/feijão, utilizando os mesmos sistemas de manejo de solo. Durante os anos agrícolas 2004/05 e 2005/06 a área foi cultivada com milho na safra verão nos dois sistemas de manejo do solo e permaneceu em pousio no outono-inverno.

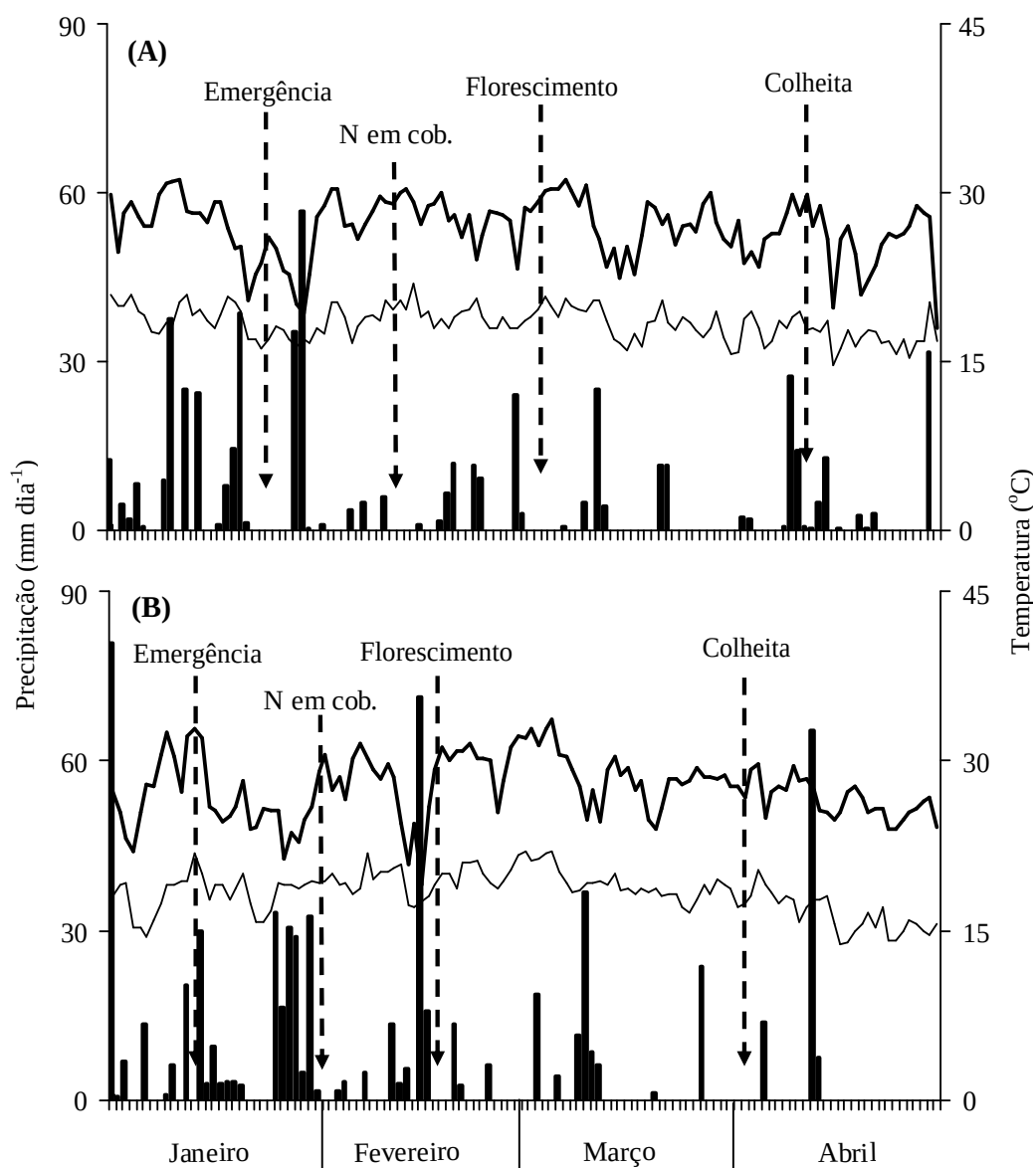


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e temperatura mínima obtidas na área experimental durante o período de janeiro a março e datas de emergência, adubação nitrogenada de cobertura, florescimento e colheita da cultura do feijão, dos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Botucatu-SP.

No ano agrícola 2006/07 a área foi cultivada com soja no SPD na safra verão e aveia amarela (*Avena byzantina* C. Koch) cv. São Carlos nos dois sistemas de manejo na safra de inverno. No ano agrícola 2007/2008 a área foi cultivada com a sucessão aveia amarela/feijão. Assim, as parcelas de SPD se encontravam nesse sistema desde 1985, ou seja, 23 anos, o que caracteriza como SPD consolidado (SPDC), segundo Sá (2001). Já as demais

parcelas foram manejadas na maioria das safras com o sistema convencional de preparo de solo até a implantação da aveia amarela que antecede a cultura do feijão, o que a caracteriza, no caso da cultura do feijão como um SPD em fase de implantação (SPDR).

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas (4 x 40 m) foram representadas por quatro sistemas de manejo (SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado (a cultura do feijão foi a primeira cultura a ser implantada no sistema de plantio direto); SPDC: Sistema plantio direto consolidado (23 anos após a implantação); SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado). As subparcelas (4 x 8m) foram constituídas por quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹). O N antecipado foi incorporado ao solo momentos antes da semeadura do feijão, porém, em operação distinta, utilizando-se como fonte o nitrato de amônio.

Cada unidade experimental foi formada por oito linhas de feijão de 8 metros de comprimento, espaçadas em 0,45 metros. Como área útil de cada subparcela foram consideradas as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade.

5.3 Instalação e condução do experimento

A cultivar utilizada foi a ‘Pérola’ que apresenta as seguintes características: grupo Carioca; hábito de crescimento indeterminado II/III; porte semi-ereto; grão de coloração bege clara com forma longa arredondada; suscetível a antracnose, ferrugem e bacteriose e moderadamente resistente ao oídio e resistente ao mosaico comum.

Antes da semeadura da aveia amarela as parcelas com o SPD em fase de implantação receberam preparo convencional de solo, com uma aração e duas gradagens.

O manejo da área foi realizado cerca de 15 dias antes da semeadura do feijão no primeiro ano e 19 dias antes da semeadura no segundo ano, com a utilização de herbicida glyphosate na dose de 1.440 g ha⁻¹ do ingrediente ativo.

No mesmo dia, porém, antes da semeadura do feijão, dependendo do sistema de manejo (SPDR+N e SPDC+N), foram incorporados ao solo 60 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio, com auxílio de uma semeadora-adubadora tratorizada.

A semeadura da cultura do feijão foi realizada no primeiro ano em 17/01/2008 e no segundo em 06/01/2009, no período “da seca”, em condições de sequeiro. Para isso foi utilizada uma semeadora-adubadora da marca Semeato denominada de Personale Drill – modelo 13, utilizando-se 15 sementes por metro de sulco, no espaçamento entre linhas de 0,45 metros. As sementes foram tratadas com o fungicida carboxin+tiram (60+60 g do i.a. por 100 kg de sementes) e com o inseticida tiametoxam (140 g do i.a. por 100 kg de semente), nos dois anos. Por ocasião da semeadura, no primeiro ano, aplicaram-se, em todas as parcelas, 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 38 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fontes o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente. No segundo ano, aplicaram-se 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se superfosfato simples e o cloreto de potássio. A emergência das plantas ocorreu em 24/01/2008 e 13/01/2009.

A adubação de cobertura foi efetuada no dia 12/02/2008 e 01/02/2009, quando as plantas de feijão encontravam-se no estágio fenológico V4, caracterizado pela presença da terceira folha trifoliolada completamente aberta em 50% das plantas (Fernández et al., 1985), utilizando-se como fonte o nitrato de amônio. O fertilizante foi distribuído sobre a superfície do solo, em filetes contínuos a 5 cm das fileiras de plantas.

O controle de plantas daninhas foi realizado mediante duas aplicações sequenciais do herbicida fluazifope-p-butilico + fomezafem (120 + 150 g ha⁻¹ do i.a.), nos dias 31/01 e 12/02/2008, no primeiro ano e no dias 21/01 e 04/02/2009, no segundo ano. O controle de pragas no primeiro ano foi realizado com aplicações dos inseticidas metamidofós (600 g ha⁻¹ do i.a.), no dia 31/01 e 27/02/2008 e deltametrina (7,5 g ha⁻¹ do i.a.), no dia 12/02/2008. No segundo período utilizou-se o inseticida metamidifós (480 g ha⁻¹ do i.a.) nos dias 21/01, 04/02 e 19/02/2009 e deltametrina (7,5 g ha⁻¹ do i.a.), nos dias 04/03 e 16/03/2009. Para o controle de doenças foi utilizado o fungicida óxido cuproso (560 g ha⁻¹ do i.a.), no dia 27/02/2008. No segundo ano utilizaram-se os fungicidas clorotalonil+tiofanato-metílico (875+350 g ha⁻¹ do i.a.), nos dias 04/02, 16/03/2008 e tebuconazole (200 g ha⁻¹ do i.a.), no dia 19/02/2009. Todas as aplicações foram realizadas utilizando pulverizador tratorizado.

O florescimento ocorreu em 04/03/2008 e 17/02/2009. As colheitas foram realizadas em 10/04/2008 e 02/04/2009, ou seja, 80 e 79 DAE, respectivamente.

5.4 Avaliações realizadas no solo

5.4.1 Características químicas

Sete dias antes da semeadura do feijão, nos dois anos agrícolas, foram coletadas amostras de solo em seis pontos por parcela experimental, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. As amostras compostas foram secadas ao ar e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente foram submetidas à análise para determinação do pH (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹), P (resina), matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), K, Ca e Mg trocáveis e, calculadas a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V%), seguindo metodologia proposta por Raij et al. (2001).

5.4.2 Nitrogênio mineral

Nas mesmas amostras coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para determinação das características químicas do solo, foi determinado o teor de N mineral. Essas profundidades foram escolhidas porque de 83,6 a 97,4% do sistema radicular do feijoeiro na época do florescimento encontra-se na camada de 0-20 cm de profundidade (INFORZATO; MIYASAKA, 1963).

As amostras foram submetidas à determinação do teor de N mineral (NH_4^+ a NH_3), mediante destilação em destilador de arraste de vapor (RAIJ et al., 2001). Os procedimentos basearam-se na extração do N inorgânico (NH_4^+ , NO_3^- e NO_2^-) por solução de KCl a 1 mol L⁻¹. Nesse extrato, com a adição de MgO, foi promovida a conversão de NH_4^+ a NH_3 , que foi separada por destilação. Em seguida, no mesmo extrato, foi acrescentado um produto redutor (Liga de Devarda), que converteu o NO_3^- e NO_2^- a NH_3 , a qual também foi destilada e recolhida em solução de H_3BO_3^+ indicador. A determinação de NO_3^- foi por titulação com ácido sulfúrico (0,0025 mol L⁻¹).

5.4.3 Carbono orgânico total e grau de humificação da matéria orgânica

Para extração da matéria orgânica e solubilização dos ácidos húmicos do solo, utilizou-se o método descrito por Kumada (1987), sendo as determinações realizadas

de acordo com o método citado por Tatsukawa (1966), verificando-se o teor de C ligado à fração ácido húmico (C-AH) e o teor de C ligado à fração ácido fúlvico. O C orgânico (COT) fora determinado pela oxidação com dicromato de potássio pelo método colorimétrico, e por diferença com os ácidos orgânicos obteve-se a fração insolúvel: humina.

As frações húmicas foram separadas por filtração, utilizando-se papel qualitativo Whatman número 6, balão volumétrico e funil plástico. Os ácidos fúlvicos foram os primeiros a serem obtidos na filtração, e o volume foi completado com ácido sulfúrico $0,09 \text{ mol L}^{-1}$, pois estes ácidos são solúveis em meio ácido. O filtrado restante deste processo foi passado em um erlenmeyer, que foi solubilizado com a adição de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, agitando-se com bastão de vidro. Em seguida, foi realizada mais uma filtração (após todos os extratos apresentarem coloração uniforme) e o volume completado com a base forte, para completa uniformização do volume de amostras e conseqüente solubilização em meio básico.

5.4.4 Características físicas

Em abril de cada ano agrícola, ou seja, após a colheita do feijão, foram coletadas, em dois pontos por parcela, amostras indeformadas do solo para determinação de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total nas camadas de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, por meio de anéis volumétricos. As amostras foram retiradas em dois pontos dentro de cada parcela.

Na análise de densidade do solo, foi usado o método do anel volumétrico. A porosidade total foi obtida pela porcentagem de saturação em volume. A microporosidade foi considerada como o conteúdo do volume de água equilibrada na mesa de tensão a 0,60 m de coluna de água, enquanto a macroporosidade foi calculada por diferença de volume entre a porosidade total e a microporosidade (EMBRAPA, 1997).

5.5 Avaliações realizadas na cultura do feijão

5.5.1 Massa de matéria seca da parte aérea

Esta avaliação foi realizada imediatamente antes da aplicação da adubação de cobertura (estádio V4) e por ocasião do florescimento (estádio R6), coletando-se 10 plantas por parcela, submetidas à lavagem com água destilada, sendo posteriormente

colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 60-70 °C, por 72 horas e pesadas.

5.5.2 Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea

As plantas coletadas para determinação da massa de matéria seca, após pesagem, foram moídas e submetidas à análise, segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades de N absorvidas por planta e por área, de acordo com os tratamentos, mediante a contagem do número de plantas 4 metros de linha da área útil de cada unidade experimental.

5.5.3 Teor de nutrientes nas folhas

Quando as plantas encontravam-se no florescimento pleno (estádio R6) foi realizada a amostragem de folhas (terceiras folhas com pecíolo, tomadas no terço médio das plantas) segundo indicação de Ambrosano et al. (1996), para determinação do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.5.4 Componentes da produção

- População final de plantas

A determinação população final foi realizada na véspera da colheita, considerando 2 linhas centrais com comprimento de 6 metros em cada unidade experimental, sendo os resultados convertidos em plantas ha⁻¹.

- Número de vagens por planta

Determinado mediante a relação entre número total de vagens e o número total de plantas avaliado em 10 plantas dentro da área útil de cada área experimental.

- Número de grãos por vagem

Determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliado em 10 plantas dentro da área útil de cada área experimental.

- Massa de 100 grãos (g)

Foi avaliada através da pesagem de quatro amostras, de 100 grãos cada uma, em cada unidade experimental. Os dados obtidos serão transformados para 13% de umidade.

5.5.5 Produtividade de grãos

Para esta avaliação foram colhidas, manualmente, as plantas contidas na área útil de cada unidade experimental (2 linhas de 6 metros). Após esta operação, os grãos foram pesados e calculada a produtividade em kg ha^{-1} , com umidade de 13% (base úmida).

5.5.6 Teor de proteína bruta

Determinado através da fórmula: $PB = N \text{ total} \times 6,25$ onde: PB = teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) e N total = teor de N nos grãos, obtido de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

5.5.7 Eficiência de utilização do nitrogênio aplicado

Foi determinada a eficiência de utilização do N aplicado, mediante a relação kg ha^{-1} da produtividade incrementada, em relação à testemunha (sem aplicação de N) / kg ha^{-1} de N aplicado em cada tratamento.

5.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias de sistemas de manejo foram comparadas pelo teste de t (DMS) a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos das doses de N aplicadas em cobertura foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade pelo teste t.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Características químicas, teor de N-mineral e grau de humificação da matéria orgânica do solo

Verifica-se, mediante a Tabela 1, que o pH e o teor de matéria orgânica do solo, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, não foram influenciados pelos sistemas de manejo, em nenhum dos anos de avaliação, demonstrando que nesse tipo de solo, o uso de preparo convencional, bem com o tempo de adoção do SPD, não teve efeito na acidez e na matéria orgânica do solo, provavelmente devido ao sistema de rotação de culturas e aos períodos de pousio utilizados. Os resultados descritos na literatura indicam que os efeitos do sistema de manejo nessas características do solo, são dependentes principalmente do tipo de solo e das condições climáticas. Bayer (1996) verificou uma diminuição praticamente pela metade da taxa de decomposição da matéria orgânica no solo em SPD, em comparação ao sistema de preparo convencional, em um Argissolo Vermelho, com 220 g kg⁻¹ de argila e mineralogia caulinítica. Entretanto, num Latossolo vermelho, com 680 g kg⁻¹ de argila e mineralogia oxídica, o SPD diminuiu a taxa de decomposição da matéria orgânica em apenas 14%. Ciotta et al. (2002) verificaram que a adoção do SPD por 21 anos, em um solo argiloso que anteriormente era cultivado no sistema convencional, proporcionou acidificação da camada superficial (0-8 cm). No SPD, o acúmulo de resíduos vegetais e a reação de adubos nitrogenados na superfície podem baixar o pH na camada superficial, em comparação ao sistema convencional de preparo do solo. Já em um solo arenoso, Rheinheimer et al. (1998) verificaram que cinco anos de SPD não foram suficientes para alterarem o pH do solo, em

relação a área que continuou à receber preparo convencional. Amado et al. (2001) observaram redução de, aproximadamente, 25% do estoque de matéria orgânica de um Argissolo Amarelo (150 g kg^{-1} de argila) sob campo nativo, com apenas uma aração e duas gradagens.

Tabela 1. Características químicas do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em janeiro dos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, em função do sistema de manejo. Média de oito repetições.

Prof. cm	Sistema de manejo	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
2007/08										
0-10	SPDR	5,2a	35,9a	51,1b	38,9a	5,0a	51,5b	17,0b	112,4b	65a
	SPDC	5,3a	40,2a	81,5a	38,3a	5,7a	61,6a	22,6a	128,2a	70a
	Significância	ns	ns	*	ns	ns	*	*	**	ns
	CV(%)	3,5	7,4	24,6	16,6	35,8	7,3	11,5	2,3	7,0
10-20	SPDR	5,2a	32,6a	36,9a	39,6a	3,2a	61,9a	19,4a	124,1a	68a
	SPDC	5,3a	30,5a	48,4a	36,4a	3,1a	61,7a	18,7a	119,9a	69a
	Significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	3,5	6,3	26,3	6,0	37,8	11,1	12,9	6,0	5,0
2008/09										
0-10	SPDR	5,4a	29,3a	46,3b	37,4a	4,2a	34,1b	14,0b	89,7a	58b
	SPDC	5,5a	29,9a	74,0a	31,5b	3,6a	48,9a	18,3a	102,3a	70a
	Significância	ns	ns	**	*	ns	*	**	ns	*
	CV(%)	1,6	2,8	2,6	7,5	22,5	18,9	5,7	11,6	5,5
10-20	SPDR	5,5a	29,0a	43,1a	33,5a	3,7a	39,6a	14,7a	91,5a	63a
	SPDC	5,4a	24,3a	41,3a	31,7a	1,8a	39,8a	15,5a	88,9a	64a
	Significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	2,1	6,2	15,5	7,3	46,6	3,9	2,4	2,7	3,1

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

O teor de P disponível na camada superficial do solo (0-10 cm) foi maior no SPDC do que no SPDR (Tabela 1). Rheinheimer et al. (1998), Ciotta et al. (2002) e Falleiro et al. (2003) também verificaram maior acúmulo de P na camada superficial do solo, com adoção do SPD por alguns anos. Principalmente no SPDC, os teores de P na camada

superficial do solo (0-10 cm) foram maiores que na camada mais profunda. Bayer e Bertol (1999) verificaram de maior acúmulo de P na camada 0-5 cm (291 mg kg^{-1}), em relação à camada 0,15-0,20 m (19 mg kg^{-1}) no SPD. Segundo Sidiras e Pavan (1985), o acúmulo de P próximo à superfície do solo no SPD decorre da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, em razão do menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos de solo, visto que sob SPD não há incorporação de resíduos vegetais pelo do revolvimento de solo.

Foi observado efeito do sistema de manejo do solo na acidez potencial (H+Al), apenas na camada de 0-10 cm, no segundo ano de experimento, na qual o maior valor ocorreu na SPDR (Tabela 1). Falleiro et al. (2003) também verificaram menor teor de Al e maior valor de pH na camada superficial do solo em SPD, em relação às áreas com preparo que revolveram o solo. Segundo esses autores, tais efeitos são resultantes do incremento da força iônica da solução do solo. Contudo, Rheinheimer et al. (1998) verificaram maiores valores de H + Al em solo sob SPD há vários anos.

O teor de K no solo não foi influenciado pelo sistema de manejo (Tabela 1). Ciotta et al. (2002) observaram maiores teores de K na camada superficial (0-2 cm) do solo em SPD. No entanto, em solo arenoso Rheinheimer et al. (1998) não observaram diferenças entre os sistemas de manejo do solo, para o teor de K. Segundo Ciotta et al. (2002) o aumento do teor de K trocável na camada superficial do solo, é decorrente da ciclagem do nutriente pelas plantas e da permanência dos resíduos na superfície. Assim, é importante ressaltar que no SPDR, apesar de ter ocorrido preparo do solo antes da semeadura da aveia amarela de inverno, apenas o cultivo desta pode ter sido suficiente para retornar parte do K para a camada superficial do solo e reduzir as diferenças entre os sistemas de manejo.

Nos dois anos agrícolas, verificaram-se maiores teores de Ca e Mg trocáveis no solo no SPDC, na camada de 0 a 10 cm (Tabela 1). Rheinheimer et al. (1998), Ciotta et al. (2002) e Falleiro et al. (2003) também verificaram maiores teores de Ca e Mg nas camadas superficiais do solo sob SPD em relação ao preparo convencional. Como a mobilidade desses elementos no solo é relativamente baixa, a ciclagem proporcionada pelas culturas favorece a concentração dos mesmos na superfície do solo.

No primeiro ano do experimento, a CTC foi maior na camada superficial do solo sob SPDC, do que sob SPDR (Tabela 1). Tal efeito, provavelmente, está

relacionado com o maior teor, apesar de não significativo, da matéria orgânica do solo no SPDC. Segundo Ciotta et al. (2003), o acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo ao longo dos anos, devido ao não revolvimento do solo, proporciona incremento da CTC nesta camada.

Com relação à saturação por bases, observou-se diferença entre os sistemas de manejo do solo, apenas no segundo, na camada de 0 a 10 cm, sendo o maior valor proporcionado pelo SPDC (Tabela 1). Maiores valores de saturação por bases na camada superficial do solo sob SPD, em relação ao preparo convencional foram observados por Rheinheimer et al. (1998) e Ciotta et al. (2002), e estão relacionados ao maior acúmulo de Ca e Mg na camada superficial do solo sem preparo.

O sistema de manejo do solo, ou seja, o período que o solo encontrava-se sob SPD, não alterou o teor de N-mineral no solo (Tabela 2). Vargas et al. (2005) verificaram maior quantidade de N-mineral no solo sob SPD, em comparação com o preparo convencional, e associou tal resultado à imobilização microbiana. Segundo Kitur et al. (1984) e Amado et al. (2000), embora o SPD promova um aumento nos teores de N total do solo, freqüentemente se observa, nos primeiros anos do sistema, uma menor absorção de N pelas plantas, em comparação com o sistema convencional. Diversas causas têm sido apontadas para explicar essa menor disponibilidade de N: maior imobilização, menor mineralização, recuperação do estoque de matéria orgânica, dentre outras (AMADO et al., 2002). Dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de N no SPD, a imobilização microbiana do N tem sido considerada a mais importante (KITUR et al., 1984). A maior imobilização microbiana ocorre nas camadas superficiais do solo sob SPD (VARGAS; SCHOLLES, 1998), podendo ser suficientemente elevada para, isoladamente, afetar a absorção de N pelas plantas. Contudo, no presente trabalho, o fato de as coletas de solo para análise do teor de N-mineral terem sido realizadas após o cultivo da aveia amarela, provavelmente, contribuiu para a ausência de diferenças entre os sistemas de manejo, já que a gramínea pode ter absorvido boa parte do N possivelmente mineralizado no solo que recebeu preparo antes da semeadura da mesma. Vargas et al. (2005), apesar de ter observado maior disponibilidade de N-mineral no solo durante o ciclo da cultura do milho, também não verificaram diferenças entre os sistemas de manejo do solo antes da semeadura da mesma, ou seja, cerca de 23 dias após o manejo da

aveia. Mesmo em solo arenoso, Rheinheimer et al. (1998), observaram pequenas diferenças entre os sistemas de manejo, quanto ao teor de N-mineral.

Tabela 2. Teores de N-mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), carbono orgânico total (COT), carbono ligado a ácido húmico (C-AH), carbono ligado a ácido fúlvico (C-AF) e carbono ligado a humina (C-HU) do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em janeiro dos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, em função do sistema de manejo. Média de oito repetições.

Prof.	Sistema de manejo	N-mineral	COT	C-AH	C-AF	C-HU
cm		mg dm ⁻³	g kg ⁻¹			
2007/08						
0-10	SPDR	12,0a	25,0a	4,14a	0,91a	19,54a
	SPDC	12,6a	28,1a	4,76a	1,29a	22,46a
	Significância	ns	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	9,5	7,4	20,0	26,3	5,5
10-20	SPDR	11,9a	22,7a	4,24a	0,98a	16,70a
	SPDC	11,0a	21,2a	3,69a	0,54b	17,44a
	Significância	ns	ns	ns	*	ns
	CV(%)	8,5	6,3	9,0	18,3	8,9
2008/09						
0-10	SPDR	30,2a	20,4a	3,75a	1,17a	15,49a
	SPDC	42,5a	20,8a	1,42b	1,14a	18,25a
	Significância	ns	ns	*	ns	ns
	CV(%)	23,9	2,8	24,0	29,5	11,6
10-20	SPDR	35,7a	20,2a	4,48a	1,14a	14,55a
	SPDC	33,9a	16,9b	1,30b	1,00a	14,62a
	Significância	ns	*	*	ns	ns
	CV(%)	30,7	6,7	26,1	16,5	18,5

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

Assim como verificado para a matéria orgânica (Tabela 1), o COT do solo também sofreu pouco efeito do sistema de manejo empregado (Tabela 2). Apenas no

segundo ano e na camada mais profunda, verificou-se diferença, sendo que os menores valores de COT foram observados no SPDC. Resultado semelhante foi verificado por Rheinheimer et al. (1998). Os menores teores de COT nas camadas mais profundas de solos que não recebem preparo há muito tempo, quando comparado com aqueles que recebem, está relacionado com a não incorporação dos restos vegetais (SOUZA; MELO, 2003).

Segundo Stevenson (1994), a maior parte do COT concentra-se nas huminas, ácidos fúvicos e húmicos. Com relação à fração ácido húmico (C-AH) verificou-se que apenas no segundo ano houve efeitos dos sistemas de manejo do solo, sendo os menores valores verificados no SPDC (Tabela 2). O SPDC também apresentou menor fração ácido fúlvico (C-AF) na camada de 10-20 cm de profundidade no primeiro ano. Quanto à fração humina (C-H) os maiores valores foram observados no SPDC, especialmente nas camadas de 0-10 cm. Estes resultados discordam dos obtidos por Rheinheimer et al. (1998), que comparando o SPD com preparo convencional em solo arenoso, verificaram maiores valores de C-AH e C-AF no SPD, especialmente nas camadas mais superficiais do solo. Para estes autores, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo no SPD, faz com que durante a sua decomposição e ressíntese sejam produzidos esses compostos orgânicos que migram no perfil do solo. Ceretta et al. (1997), analisando o acúmulo da fração humina em três profundidades, com sucessão de culturas em SPD, estabelecidas há seis anos, constataram incrementos na quantidade de C armazenado, principalmente nas frações ácido húmico (C-AH) e ácido fúlvico (C-AF), e predomínio da humina (C-HU), além do fato de que os teores de C-AH variaram no intervalo de 1,5-3,0 g kg⁻¹; quando o sistema consistia na utilização de gramíneas, o aporte desta fração foi maior.

Contudo, Sousa e Melo (2003) verificaram maior teor de C-AF em solo sob preparo convencional do que sob SPD. Segundo estes autores, no sistema de cultivos com revolvimento do solo, características, tais como: porosidade irregular, camadas mais adensadas e movimentação de ar e água desuniformes, são menos favoráveis ao desenvolvimento dos processos biológicos que nele ocorrem. Estas características do sistema parecem estar envolvidas com o comportamento do carbono como matérias húmicas, uma vez que o preparo do solo pode promover uma compactação, o que justificaria a migração do ácido fúlvico para camadas mais profundas.

Pela Tabela 2, verifica-se que a maior parte do COT do solo foi encontrada na forma de humina (C-H). O C-H é a forma mais estável da matéria orgânica do solo. Os valores mais elevados na camada superficial no SPDC (Tabela 2) podem ter ocorrido pelo fato de a atividade microbiana se concentrar nesta camada, ocorrendo maior continuidade no processo de degradação do material orgânico e sua estabilização no solo, o que é dificultado nas camadas mais profundas. O C-H também diminuiu significativamente com a profundidade. Resultados semelhantes foram observados por Souza e Melo (2003). Conforme comentam Tate III (1987) e Brady (1989), o maior valor de C na forma de humina implica, em última instância, maior retenção de água, além da melhoria na qualidade física e química do solo, fatores de extrema importância quando se estuda o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção agrícola.

6.2 Características físicas do solo

Não foram verificados efeitos do sistema de manejo nas características físicas do solo (Tabela 3). Quanto à macroporosidade, que representa a capacidade de aeração do solo, ou seja, o componente da porosidade total do solo que expressa o volume de poros maiores que contribuem para oxigenação radicular, verificou-se maiores valores nas camadas superficiais, com redução em profundidade. Além disso, especialmente nas camadas de 10-20 e 20-40 cm, os valores foram inferiores ao mínimo considerado restritivo ao crescimento e desenvolvimento das plantas, ou seja, $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (VOMOCIL; FLOCKER, 1966), embora esse valor-limite dependa do tipo de planta e do nível da atividade biológica do solo (GUPTA et al., 1989), entre outros fatores. Brancalião e Moraes (2008), trabalhando no mesmo tipo de solo, também verificaram valores de macroporosidade abaixo do valor-limite, porém, sem comprometimento da produtividade da soja.

No tocante à microporosidade, porosidade total e densidade do solo (Tabela 3), não foram observadas variações quanto ao sistema de manejo, bem como, quanto à profundidade. Cabe ressaltar que os valores são próximos aos observados por Farinelli (2003) e Brancalião e Moraes (2008), trabalhando com o mesmo tipo de solo.

Tabela 3. Características físicas do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, avaliados em abril dos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09. Média de oito repetições.

Prof.	Sistema de manejo	Macro-porosidade	Micro-porosidade	Porosidade Total	Densidade do solo
cm		m ³ m ⁻³			Mg m ⁻³
2007/08					
0-10	SPDR	0,07a	0,47a	0,54a	1,40a
	SPDC	0,10a	0,49a	0,59a	1,34a
	Significância	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	51,2	11,4	7,8	6,9
10-20	SPDR	0,06a	0,47a	0,53a	1,37a
	SPDC	0,08a	0,46a	0,54a	1,40a
	Significância	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	34,5	5,7	4,6	4,1
20-40	SPDR	0,05a	0,49a	0,54a	1,46a
	SPDC	0,06a	0,50a	0,56a	1,44a
	Significância	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	19,4	3,0	3,8	3,8
2008/09					
0-10	SPDR	0,12a	0,39a	0,51a	1,14a
	SPDC	0,11a	0,40a	0,51a	1,20a
	Significância	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	45,5	8,7	8,5	9,7
10-20	SPDR	0,07a	0,42a	0,49a	1,22a
	SPDC	0,09a	0,41a	0,50a	1,20a
	Significância	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	50,0	10,3	12,9	9,5
20-40	SPDR	0,09a	0,42a	0,51a	1,21a
	SPDC	0,05a	0,44a	0,49a	1,23a
	Significância	ns	ns	ns	ns
	CV(%)	40,8	8,9	8,3	6,7

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

6.3 Cultura do feijão

A matéria seca da parte aérea das plantas de feijão no momento da aplicação da adubação de cobertura (estádio V4) foi influenciada pelo sistema de manejo, nos dois anos de cultivo (Tabela 4). Verifica-se que, independentemente do tempo que o solo encontrava-se sob SPD, a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N de forma antecipada, no dia da semeadura, aumentou a produção de matéria seca e o acúmulo de N na parte aérea, porém, não interferiu no teor do elemento na planta, o que pode ser consequência de efeito diluição.

Tabela 4. Matéria seca, teor de N, quantidade de N acumulada na parte aérea da cultura do feijão no estágio V4 em função do sistema de manejo. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	Matéria seca da parte aérea		Teor de N na parte aérea		N acumulado na parte aérea	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	— g planta ⁻¹ —		— g kg ⁻¹ —		— g planta ⁻¹ —	
SPDR	1,15bc	1,51c	43,7a	34,9a	0,051c	0,053b
SPDC	0,80c	1,52c	46,5a	32,7a	0,037c	0,049b
SPDR+N	2,01a	2,42a	45,8a	33,3a	0,091a	0,081a
SPDC+N	1,48b	2,04b	45,8a	34,9a	0,068b	0,071a
Significância	**	**	ns	ns	**	**
CV(%)	20,5	14,2	9,3	11,4	18,9	16,5

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

É importante destacar que, no segundo ano agrícola, as plantas apresentavam maiores valores de produção de matéria seca da parte aérea, independentemente do tratamento, e que as diferenças entre os tratamentos que receberam N antecipado e os que não receberam foram menores (Tabela 4). Tais resultados, provavelmente estão relacionados às condições climáticas mais favoráveis e a maior disponibilidade de N-mineral no solo, até o estágio de florescimento, no segundo ano (Figura 1 e Tabela 2), o que pode ter favorecido o crescimento e a absorção de N pelas plantas, inclusive nos sistemas de manejo que não receberam N antecipado.

A população de plantas no florescimento foi influenciada pelo sistema de manejo e pela interação sistema de manejo x N em cobertura, no primeiro ano, e pelo sistema de manejo, no segundo ano (Tabela 5).

Tabela 5. População de plantas e quantidade de matéria seca da parte aérea da cultura do feijão, no florescimento pleno (estádio R6), em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	População de plantas		Matéria seca da parte aérea		Matéria seca da parte aérea	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	—— plantas ha ⁻¹ ——		—— g planta ⁻¹ ——		—— kg ha ⁻¹ ——	
SPDR	176.127	226.111b	8,9	6,0	1.565	1.356
SPDC	164.579	233.982ab	10,0	6,0	1.650	1.398
SPDR+N	229.615	229.027ab	11,7	7,9	2.677	1.806
SPDC+N	239.954	240.833a	11,2	7,3	2.697	1.761
Significância						
Sistema de manejo (M)	**	*	**	**	**	**
N em cobertura (C)	ns	ns	*	*	*	*
Interação M x D	*	ns	*	*	*	*
CV _{parcela} (%)	13,9	6,8	13,7	17,4	18,1	15,6
CV _{subparcela} (%)	9,9	7,2	14,8	13,1	15,8	13,5

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

Mediante o desdobramento da interação sistema de manejo x N cobertura (Figura 2), verificou-se, de maneira geral, maiores populações de plantas, no estágio R6 da cultura, nos sistemas que receberam N antecipado, com diferenças mais evidentes nas menores doses de N em cobertura. Nos SPDC e SPDC+N a aplicação de N em cobertura não influenciou a população de plantas no estágio R6. Contudo, no SPDR a aplicação de N em cobertura promoveu incremento linear nesta variável, enquanto no SPDR+N o comportamento foi inverso, ou seja, o aumento das doses de N em cobertura promoveu decréscimo da população de plantas, determinada por ocasião do florescimento.

Já em 2008/09, houve diferença apenas entre o SPDC+N e o SPDR (Tabela 5). Esses resultados indicam que a maior disponibilidade de N na fase inicial do feijoeiro, seja em SPDR ou SPDC, é essencial para o estabelecimento e sobrevivência das plântulas. Além disso, o menor efeito do sistema de manejo, mais especificamente da aplicação antecipada de N, no segundo ano, provavelmente está relacionada com a maior disponibilidade de N-mineral no solo (Tabela 2).

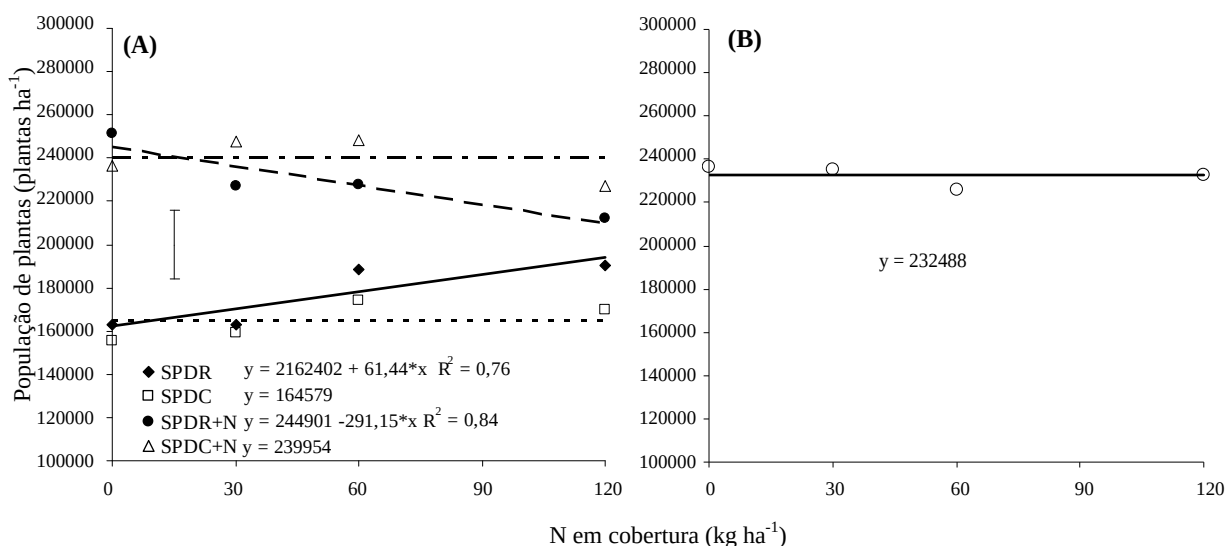


Figura 2. População de plantas no florescimento da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo no ano agrícola 2007/08 (A) e na média dos quatro sistemas de manejo em 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Contudo, vários trabalhos têm demonstrado que num mesmo espaçamento entre linhas, grandes variações na densidade de plantas não interferem na produtividade (DEL PELOSO, 1990; HORN et al., 2000), especialmente em cultivares de hábito indeterminado, como é o caso da ‘Pérola’.

A matéria seca da parte aérea do feijoeiro sofreu influência de ambos os fatores estudados e da interação entre eles, nos dois anos agrícolas (Tabela 5). De maneira

geral, os sistemas que receberam N de forma antecipada (SPDR+N e SPDC+N), proporcionaram, em ambos os anos, maior matéria seca na parte aérea do feijoeiro, tanto de cada planta individualmente, quanto por área (Figura 3 e 4). No entanto, no primeiro ano de cultivo, verifica-se que no SPDC a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento linear na produção de matéria seca, já no segundo ano o aumento foi observado no SPDR. Estes resultados indicam que o fornecimento de N na fase inicial da cultura proporcionou um maior aproveitamento do fertilizante aplicado na produção de biomassa pelo feijoeiro, já que nos sistemas de manejo onde houve aplicação de N antecipado, constatarem-se os maiores valores de matéria seca de plantas nos dois anos do experimento.

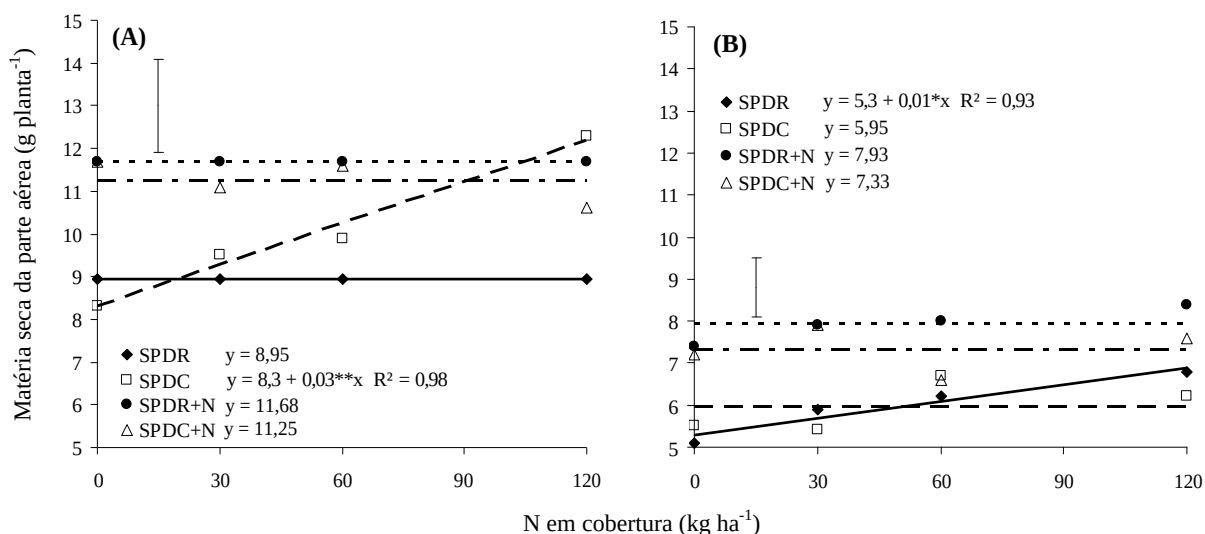


Figura 3. Matéria seca da parte aérea no florescimento da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

O acréscimo da dose de N aplicado aumenta a disponibilidade de N no solo e, conseqüentemente, incrementa a absorção do nutriente pelas plantas, aumentando

assim a produção de matéria seca, uma vez que o N tem influência direta na fotossíntese e crescimento da planta, sendo parte integrante da molécula de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997). Para Binotti et al. (2007) a aplicação de N na semeadura proporcionou incrementos significativos em todos os três anos de cultivo e demonstrando também que o sistema de manejo do solo, não influenciou matéria seca do feijoeiro. Soratto et al. (2005; 2006) também observaram aumento na produção de matéria seca pelo feijoeiro em função da aplicação de N em cobertura.

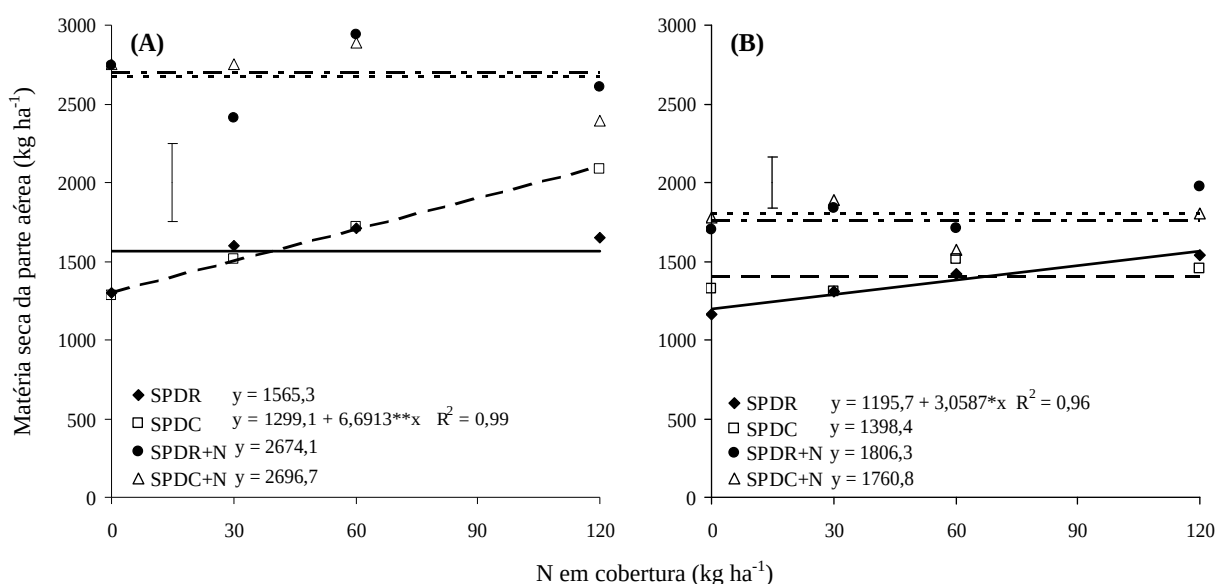


Figura 4. Produção de matéria seca da parte aérea no florescimento da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O teor de N na parte aérea do feijoeiro por ocasião do florescimento foi influenciado pelas doses de N em cobertura e pela interação entre os fatores no primeiro

ano, e por ambos os fatores e pela interação no segundo ano (Tabela 6). Em 2007/08, verificou-se a adição de N em cobertura promoveu acréscimo linear no teor desse elemento na parte aérea do feijoeiro, no SPDR, e ausência de efeito da adubação de cobertura nos demais sistemas de manejo (Figura 5A). Em 2008/09, verificou-se que a adubação de cobertura proporcionou incremento linear no teor de N parte aérea do feijoeiro no SPDC e efeitos quadráticos nos SPDR+N e SPDC+N, com as doses máximas calculadas de 78,1 e 62,8 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 5B).

Tabela 6. Teor de N e quantidade de N acumulada na parte aérea da cultura do feijão, no florescimento pleno (estádio R6), em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	Teor de N na parte aérea		N acumulado na parte aérea	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹	
SPDR	33,2	21,5	52,8	28,7
SPDC	33,6	20,9	55,8	29,4
SPDR+N	30,0	23,3	80,2	42,1
SPDC+N	30,1	23,0	80,6	40,6
Significância				
Sistema de manejo (M)	ns	*	**	**
N em cobertura (C)	*	**	*	*
Interação M x D	*	*	*	*
CV _{parcela} (%)	17,4	9,5	26,2	20,6
CV _{subparcela} (%)	14,3	4,8	20,5	15,7

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

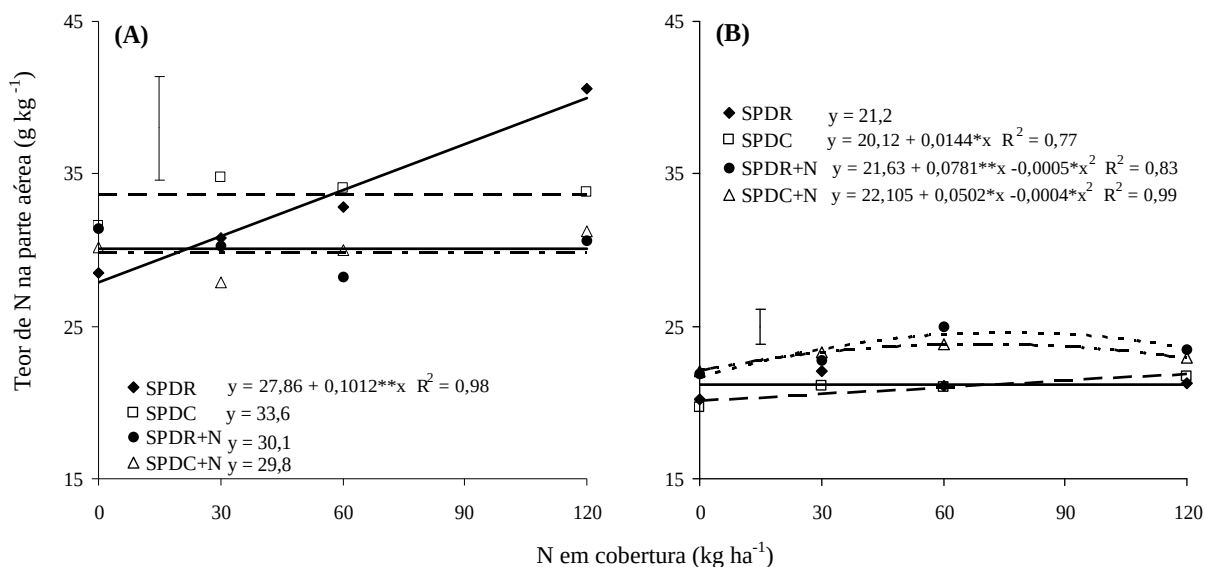


Figura 5. Teor de N na parte aérea da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A quantidade de N acumulada na parte aérea do feijoeiro foi influenciada pelos dois fatores estudados e pela interação entre eles, nos dois anos de cultivo (Tabela 6). No primeiro ano, nos sistemas que receberam N antecipado (SPDR+N e SPDC+N), não houve efeito da aplicação de N em cobertura no acúmulo desse elemento na parte aérea do feijoeiro, já nos demais sistemas, a aplicação de N em cobertura aumentou de forma linear os valores dessa variável (Figura 6A). É importante destacar que, mesmo tendo aumentado significativamente, o teor de N nas plantas cultivadas nos sistemas que não receberam N antecipado, a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura não foi suficiente para proporcionar o mesmo acúmulo de N proporcionado pela aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado, o que está relacionada com a menor produção de matéria seca da parte aérea (Figuras 3 e 4).

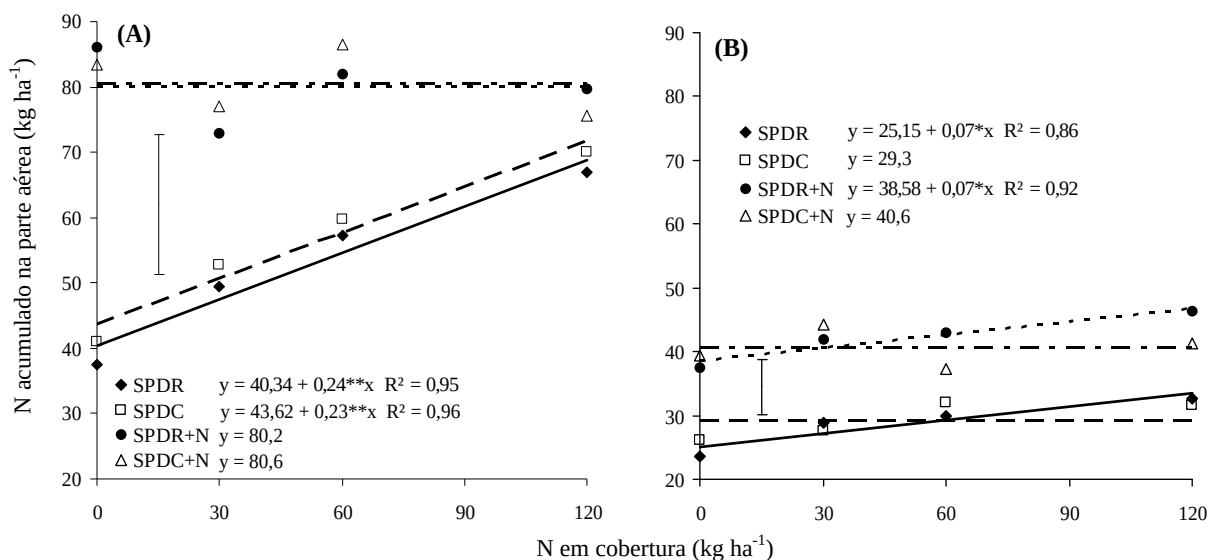


Figura 6. Quantidade de N acumulada na parte aérea da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Em 2008/09, a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento linear da quantidade de N acumulada pela cultura nos SPDR e SPDR+N e não afetou o acúmulo de N nos demais sistemas de manejo (Figura 6B). As menores quantidades de N acumulada pelo feijoeiro, no segundo ano, são decorrentes da menor produção de matéria seca (Figuras 3 e 4).

O teor de N nas folhas do feijoeiro foi influenciado pelo sistema de manejo, pela aplicação de N em cobertura e pela interação entre os fatores, nos dois anos agrícolas (Tabelas 7). Mediante o desdobramento da interação, verificou-se que, na ausência de N em cobertura, os menores teores do nutriente nas folhas do feijoeiro foram observados nos sistemas que não receberam N antecipado (SPDR e SPDC), no primeiro ano (Figura 7A). Por outro lado, a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento do teor de N nas folhas do feijoeiro no SPDR e redução no SPDC+N. No segundo ano, a aplicação de N em cobertura

proporcionou aumento linear no teor desse elemento nas plantas cultivadas nos sistemas SPDC, SPDR+N e SPDC+N, e quadrático no SPDR (Figura 7B). Destaca-se que nos sistemas que receberam N antecipado, a aplicação de N em cobertura proporcionou incremento mais intenso do teor desse elemento nas folhas do feijoeiro. Contudo, apenas no SPDR sem aplicação de N em cobertura, no primeiro ano, e nos tratamentos com aplicação das menores doses de N em cobertura em todos os sistemas, no segundo ano, os teores de N encontrava-se abaixo da faixa considerada adequada para o feijoeiro, que é de 30-50 g kg⁻¹ (AMBROSANO et al., 1996).

No segundo ano agrícola foram registrados 362 mm de chuva entre a semeadura e o estágio R6 da cultura do feijão, valor muito superior ao observado no primeiro ano agrícola, que foi de 240 mm (Figura 1). Essa maior precipitação pode ter prejudicado o crescimento e absorção de N pelas plantas (Figuras 3, 4, 5, 6 e 7), provavelmente, devido a maior lixiviação do N do solo.

Tabela 7. Teores de N, P e K nas folhas da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	N		P		K	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	g kg ⁻¹					
SPDR	33,5	30,2	3,3	3,9	19,6	20,1
SPDC	34,6	29,7	3,2	4,1	19,0	19,8
SPDR+N	35,9	31,7	3,2	3,9	19,9	20,2
SPDC+N	39,9	35,2	3,2	3,9	20,8	19,6
Significância						
Sistema de manejo (M)	**	*	ns	ns	ns	ns
N em cobertura (C)	*	**	ns	ns	ns	*
Interação M x C	*	*	ns	ns	ns	ns
CV _{parcela} (%)	9,3	12,8	6,7	10,9	12,2	11,8
CV _{subparcela} (%)	10,4	13,4	8,4	7,6	10,5	8,3

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

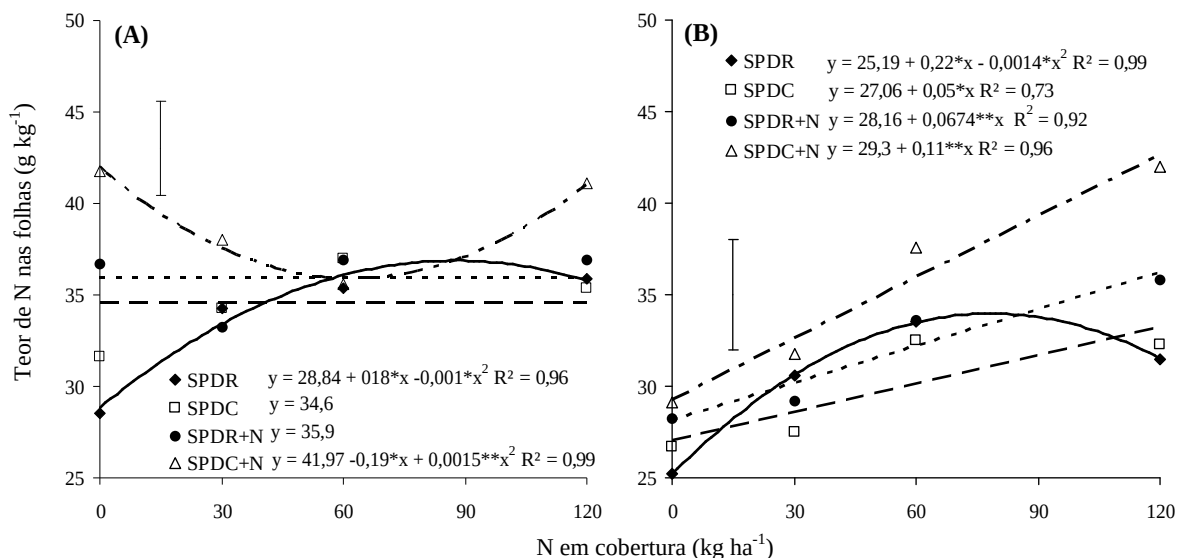


Figura 7. Teor de N nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Os teores foliares de P, não foram influenciados pelos fatores estudados (Tabela 7). Mesmo havendo maior teor de P disponível na camada superficial do solo sob SPD por mais tempo (Tabela 1), isso não se refletiu em maior teor de P nas folhas do feijoeiro (Tabela 7), o que provavelmente está relacionado aos elevados teores do nutriente no solo, em ambos os sistemas de manejo. Os teores de P encontravam-se na faixa de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹, considerada adequada por Ambrosano et al. (1996).

Os teores de K foram influenciados apenas pelas doses de N em cobertura, no segundo ano agrícola (Tabela 7). O aumento das doses de N em cobertura incrementou os teores de K nas folhas do feijoeiro de forma linear (Figura 8B). Crusciol et al. (2007) também verificaram aumento no teor de K nas folhas do feijoeiro com o aumento da dose de N, na forma de nitrato. O fornecimento de N na forma de nitrato promove maior absorção dessa forma do nutriente e, conseqüentemente, de nutrientes catiônicos (KIRKBY; KNIGHT, 1977). Apesar dos elevados teores no solo (Tabela 1), os teores desse elemento nas

folhas do feijoeiro encontravam-se um pouco abaixo da faixa considerada adequada para esse nutriente, que é de 20-24 g kg⁻¹ (AMBROSANO et al., 1996), na maioria dos tratamentos. Soratto e Crusciol (2008) utilizando a mesmo cultivar também verificaram teores de K abaixo para a faixa considerada adequada para o feijoeiro.

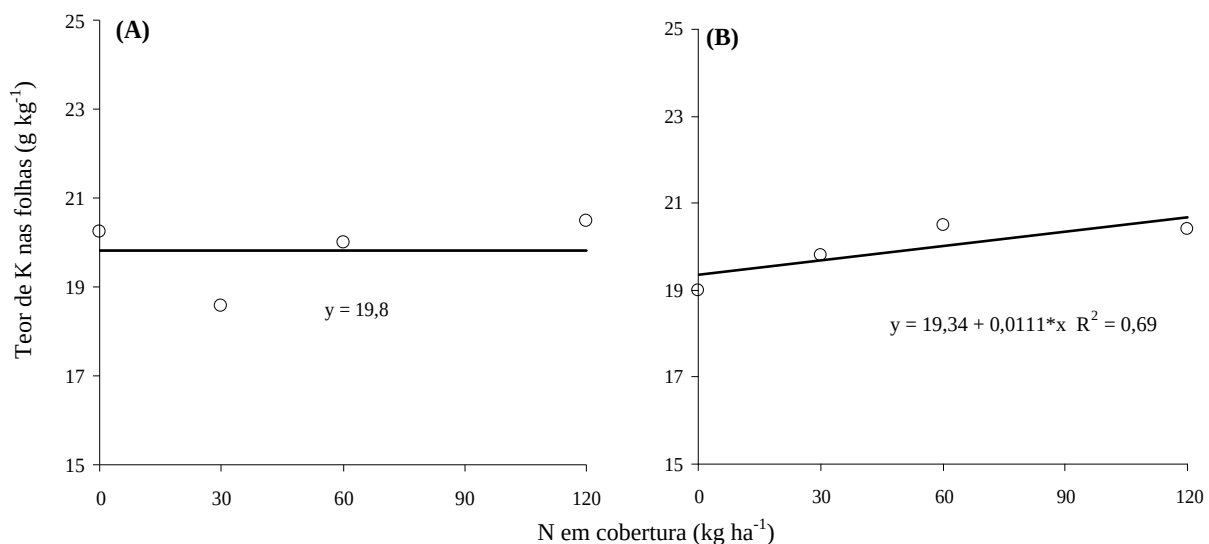


Figura 8. Teor de K nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O teor de Ca nas folhas foi afetado somente no primeiro ano do experimento, pelos sistemas de manejo e aplicação de N em cobertura (Tabela 8). Verificaram-se menores teores de Ca nos sistemas de manejo que receberam N antecipado, o que está relacionado com um efeito diluição, já que nesses sistemas de manejo a produção de matéria seca da parte aérea foi maior (Tabela 5), fato este também observado por Diniz (1995) e Andrade et al. (1998). Em 2007/08, a aplicação de N em cobertura também proporcionou efeito no teor de Ca nas folhas do feijoeiro, com os dados ajustando-se a uma equação quadrática, com aumento do teor de Ca até a dose de 60 kg ha⁻¹ de N e queda na maior dose (Figura 9A). Contudo os teores estavam dentro da faixa (10-26 g kg⁻¹) considerada adequada para o feijoeiro em todos os tratamentos (AMBROSANO et al., 1996).

Tabela 8. Teores de Ca, Mg e S nas folhas da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	Ca		Mg		S	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	g kg ⁻¹					
SPDR	23,7a	24,4	5,6ab	5,9	1,8	2,7
SPDC	23,7a	25,6	6,1a	6,3	1,8	2,5
SPDR+N	21,9ab	25,4	5,0b	6,3	1,7	2,7
SPDC+N	19,9b	25,9	5,1ab	6,3	1,8	2,5
Significância						
Sistema de manejo (M)	*	ns	*	ns	ns	ns
N em cobertura (C)	*	ns	ns	*	ns	ns
Interação M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV _{parcela} (%)	17,7	15,0	23,8	16,3	8,9	12,8
CV _{subparcela} (%)	14,7	15,7	16,8	13,5	16,4	15,4

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

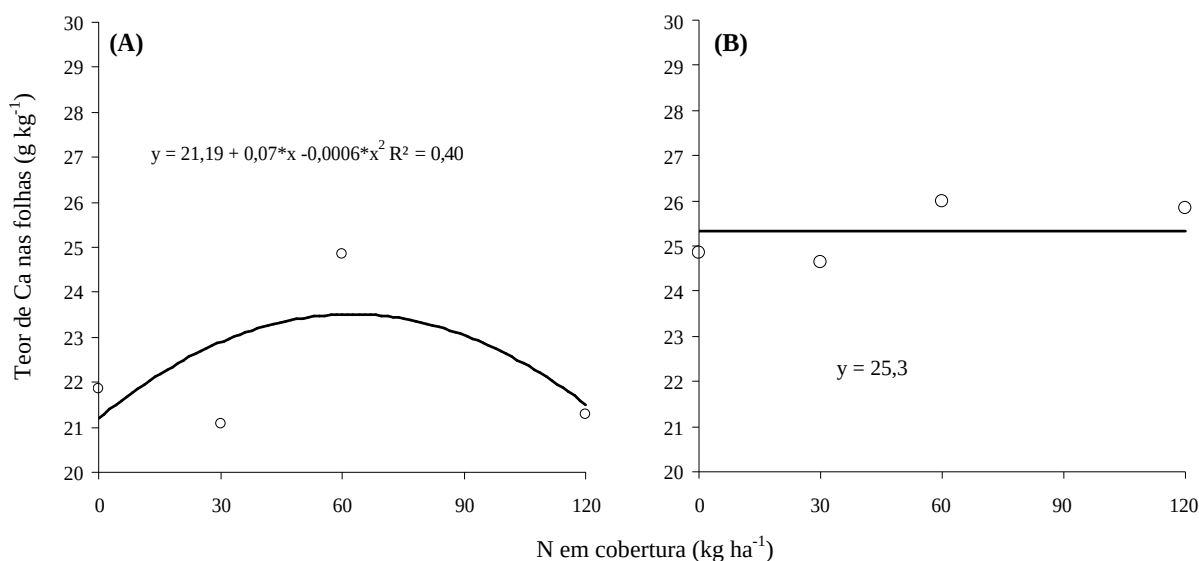


Figura 9. Teor de Ca nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Por outro lado, os teores de Mg encontravam-se acima dos considerados adequados ($2,5-6,0 \text{ g kg}^{-1}$), por Ambrosano et al. (1996), para o feijoeiro, na maioria dos tratamentos. No primeiro ano, o SPDC proporcionou maior teor de Mg que o SPDR+N (Tabela 8), o que pode ter ocorrido devido aos maiores teores deste elemento nestas parcelas conforme análise do solo (Tabela 1). No segundo ano, o teor de Mg nas folhas do feijoeiro foi incrementado pela aplicação de N em cobertura até a dose máxima calculada de 120 kg ha^{-1} (Figura 10B).

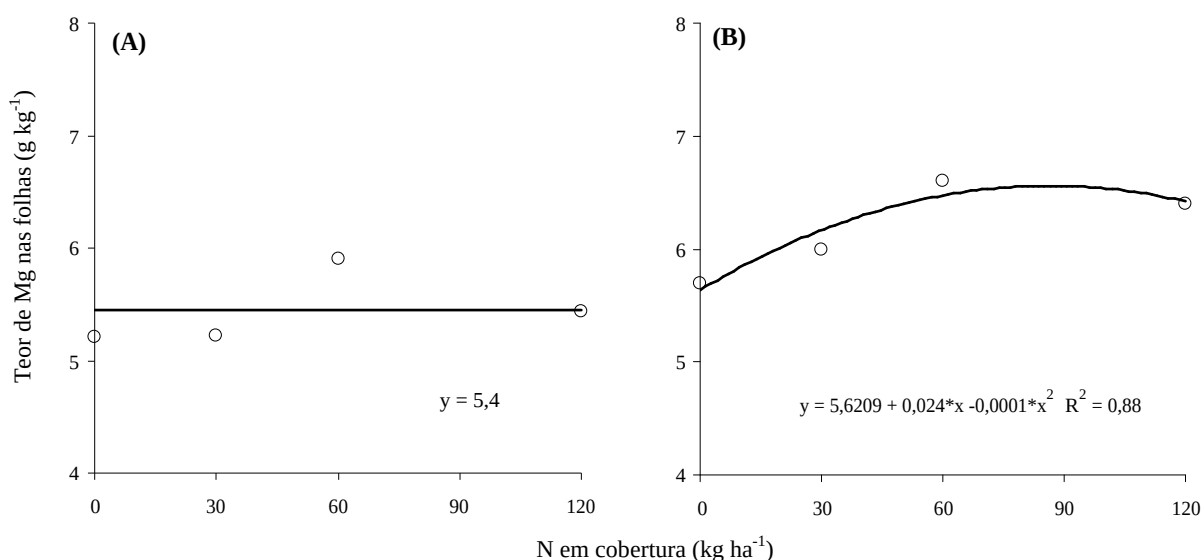


Figura 10. Teor de Mg nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Os teores de S não foram influenciados pelos fatores estudados (Tabela 8). No primeiro ano, os teores de S em todos os tratamentos estavam abaixo da faixa considerada adequada, que é de $2,0-3,0 \text{ g kg}^{-1}$ (AMBROSANO et al., 1996), o que pode ter sido devido a não aplicação do elemento na adubação, já que a fonte de P utilizada foi o superfosfato triplo e a de N foi o nitrato de amônio. Já no segundo ano, como a fonte utilizada foi o superfosfato simples, que possui S em sua constituição (MALAVOLTA et al., 2002), os teores estavam dentro da faixa adequada.

Quanto aos micronutrientes, verifica-se que o teor de Cu não foi afetado por nenhum dos fatores estudados (Tabela 9). No primeiro ano, em todos os tratamentos os teores de Cu encontravam-se acima da faixa considerada adequada para o feijoeiro, que é de 4-20 mg kg⁻¹ (AMBROSANO et al., 1996). Os elevados teores de Cu observados no primeiro ano agrícola, foram devidos à realização de uma pulverização do fungicida a base de óxido cuproso, cerca de uma semana antes da coleta de folhas para diagnose foliar. No segundo ano, os teores encontravam-se dentro da faixa adequada.

Tabela 9. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	Cu		Fe		Mn		Zn	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	mg kg ⁻¹							
SPDR	61,5	19,2	192,3	175,5a	111,4c	114,5	27,7	32,3
SPDC	61,6	18,3	201,1	161,6ab	114,4bc	106,1	31,9	32,7
SPDR+N	64,6	19,2	204,9	134,4b	129,6ab	106,2	29,5	29,0
SPDC+N	61,6	18,7	192,5	132,1b	139,3a	92,4	31,4	29,7
Significância								
Sist. de manejo (M)	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
N em cobertura (C)	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**
Interação M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV _{parcela} (%)	14,9	31,6	19,3	25,9	17,3	41,7	24,2	29,0
CV _{subparcela} (%)	18,6	32,1	25,1	19,3	12,5	17,1	14,9	20,8

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

O teor de Fe foi influenciado apenas pelos sistemas de manejos, no segundo ano, sendo aos maiores valores observados nos sistemas que receberam N antecipado (Tabela 9), o que está relacionado, provavelmente, à um efeito concentração, já que nos sistemas que não receberam N antecipado as plantas produziram menores quantidades de matéria seca da parte aérea (Tabela 5). Os elevados teores de Fe, acima da faixa (40-140 mg kg⁻¹) considerada adequada por Ambrosano et al. (1996), é consequência, provavelmente do

elevado teor no elemento no solo (Nitossolo Vermelho). Soratto e Crusciol (2008) também verificaram teores de Fe nas folhas do feijoeiro cultivar Pérola acima do considerado adequado.

O teor de Mn foi afetado pelo sistema de manejo e pelas doses de N em cobertura, no primeiro ano (Tabela 9). Verifica-se que a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N por ocasião da semeadura, no sistema plantio direto consolidado (SPDC+N), proporcionou maior teor de Mn nas folhas, especialmente quando comparado com os sistemas que não receberam N antecipado. Independentemente do sistema de manejo, a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento do teor de Mn nas folhas do feijoeiro até a dose máxima calculada de 46,8 kg ha⁻¹ (Figura 11). Além disso, em todos os tratamentos os teores do nutriente estavam acima da faixa (15-100 mg kg⁻¹) considerada adequada por Ambrosano et al. (1996).

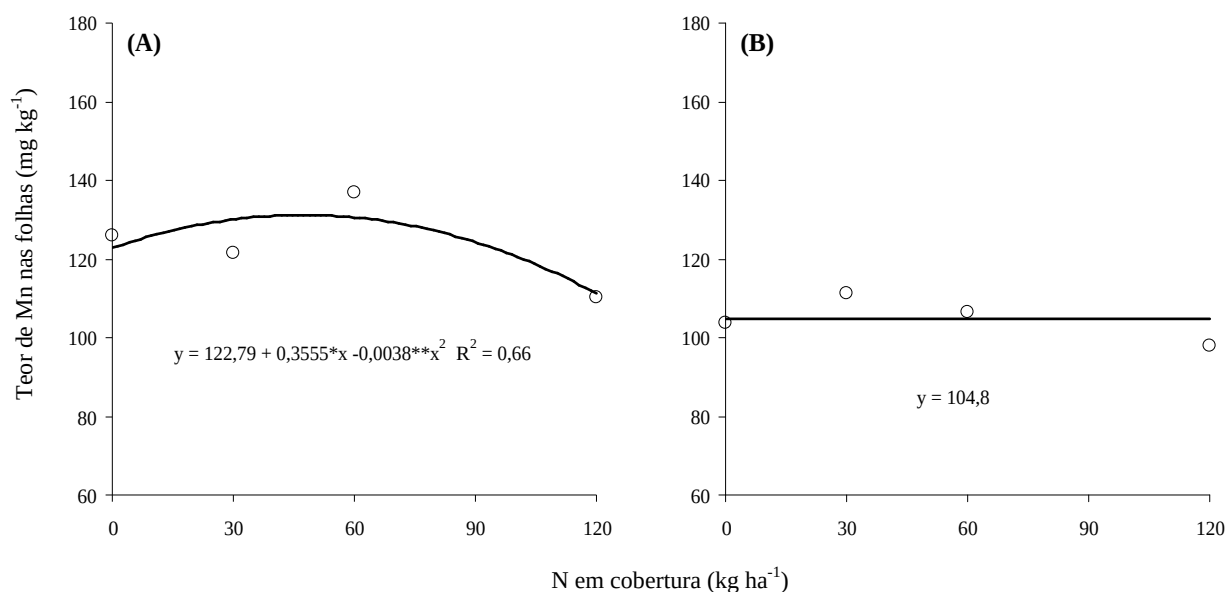


Figura 11. Teor de Mn nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Os teores de Zn foram influenciados apenas pela aplicação de N em cobertura, nos dois anos agrícolas (Tabela 9). Observa-se que o aumento nas doses de N em cobertura proporcionou incremento linear no teor de Zn nas folhas do feijoeiro (Figura 12).

Andrade et al. (1998) também verificaram aumento do teor foliar de Zn no feijoeiro em função da adubação nitrogenada. Contudo, em todos os tratamentos os teores de Zn estavam dentro da faixa considerada adequada para o feijoeiro, que é de 18-50 mg kg⁻¹ (AMBROSANO et al., 1996).

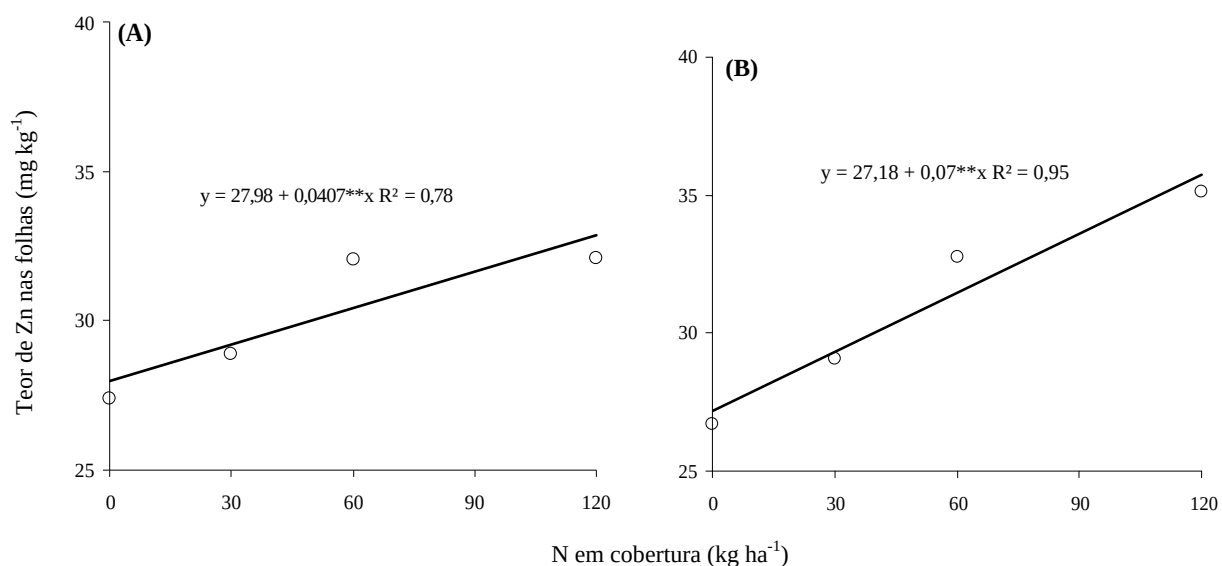


Figura 12. Teor de Zn nas folhas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A população final de plantas foi influenciada pelo sistema de manejo e pela interação sistema de manejo x N em cobertura, apenas no primeiro ano (Tabela 10). Observou-se que, em 2007/08 a aplicação antecipada de N, ou seja, os sistemas SPDR+N e SPDC+N proporcionaram maior população de plantas. Esses resultados indicam que a maior disponibilidade de N na fase inicial do feijoeiro, seja em SPDR ou SPDC, é essencial para o estabelecimento e sobrevivências das plântulas. Além disso, a ausência de efeito do sistema de manejo, mais especificamente da aplicação antecipada de N, no segundo ano, provavelmente está relacionada com a maior disponibilidade de N-mineral no solo (Tabela 2).

Tabela 10. População final de plantas, número de vagens por planta e número de grãos por vagem da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	População final de plantas		Nº de vagens por planta		Nº de grãos por vagem	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	— plantas ha ⁻¹ —		— nº planta ⁻¹ —		— nº planta ⁻¹ —	
SPDR	159.491b	212.291	10,5	4,9b	4,7a	4,2ab
SPDC	149.560b	219.444	12,1	5,3ab	4,6a	4,4a
SPDR+N	209.259a	219.050	13,5	6,6a	4,2b	3,6b
SPDC+N	216.435a	227.523	14,2	6,7a	4,5a	3,8ab
Significância						
Sistema de manejo (M)	**	ns	*	*	*	*
N em cobertura (C)	ns	ns	**	ns	ns	ns
Interação M x C	*	ns	*	ns	ns	ns
CV _{parcela} (%)	14,6	15,7	21,0	28,3	7,8	20,9
CV _{subparcela} (%)	10,0	9,6	15,9	21,2	8,3	15,9

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

Pelo desdobramento da interação sistema de manejo x N cobertura (Figura 13), verificou-se, de maneira geral, maiores populações de plantas, nos sistemas que receberam N antecipado, com diferenças mais evidentes nas menores doses de N em cobertura, semelhante ao já relatado para a população de plantas no florescimento (Figura 2). No SPDR a aplicação de N em cobertura promoveu incremento linear na população, enquanto no SPDR+N o comportamento foi inverso, ou seja, o aumento das doses de N em cobertura promoveu decréscimo da população final de plantas. Contudo, normalmente cultivares de hábito indeterminado, como é o caso da ‘Pérola’, não sofrem grande influência em termos de produtividade de grãos, com variações na densidade de plantas num mesmo espaçamento entre linhas, porque possuem grande poder de compensação, aumentado principalmente o número de vagens por planta (DEL PELOSO, 1990; HORN et al., 2000). No segundo ano do experimento, não foi observado influencia dos sistemas de manejo, nem da adubação de cobertura.

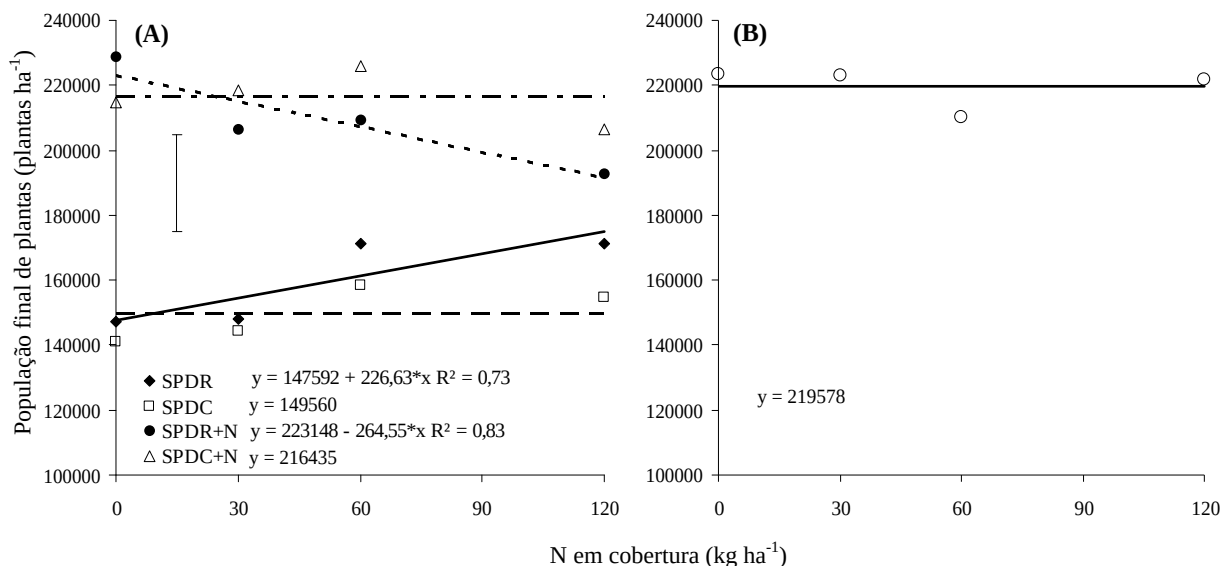


Figura 13. População final de plantas da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo no ano agrícola 2007/08 (A) e na média dos quatro sistemas de manejo em 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O número de vagens por planta foi influenciado pelo fator sistemas de manejo, nos dois anos agrícolas, e pelas doses de N em cobertura e interação entre os dois fatores, no primeiro ano agrícola (Tabela 10). Pelo desdobramento da interação entre sistemas de manejo e doses N em cobertura foi possível constatar que apenas no SPDR+N não houve efeito da aplicação de N em cobertura no número de vagens por planta (Figura 14A). Nos demais sistemas, a aplicação da adubação de cobertura incrementou os valores desta variável. Além disso, verificou-se que a aplicação de N antecipadamente, por ocasião da semeadura, foi mais eficiente em promover acréscimo no número de vagens por planta, do que a aplicação em cobertura, especialmente no SPDR. A deficiência de N reduz o crescimento do feijoeiro, o número de flores e, conseqüentemente, o número de vagens (PORTES et al., 1996). Soratto et al. (2005; 2006) também constataram aumento no número de vagens por planta do feijoeiro cultivado em SPD, considerando a aplicação de N. Em um experimento objetivando verificar

o efeito da adubação nitrogenada e aplicação foliar de molibdênio na cultura do feijão, Soratto et al. (2000) concluíram que a aplicação de diferentes doses de N afetou positivamente o número de vagens e de grãos por planta, o peso de 100 grãos e a produtividade de grãos. Já Silveira e Damasceno (1993) e Diniz (1995) obtiveram aumento no número de vagens por planta com a adubação nitrogenada. Binotti et al. (2005) verificaram que a época de aplicação influenciou o número de grãos por planta, onde a aplicação da dose total (75 kg ha^{-1}) na semeadura proporcionou em média o maior número de grãos por planta.

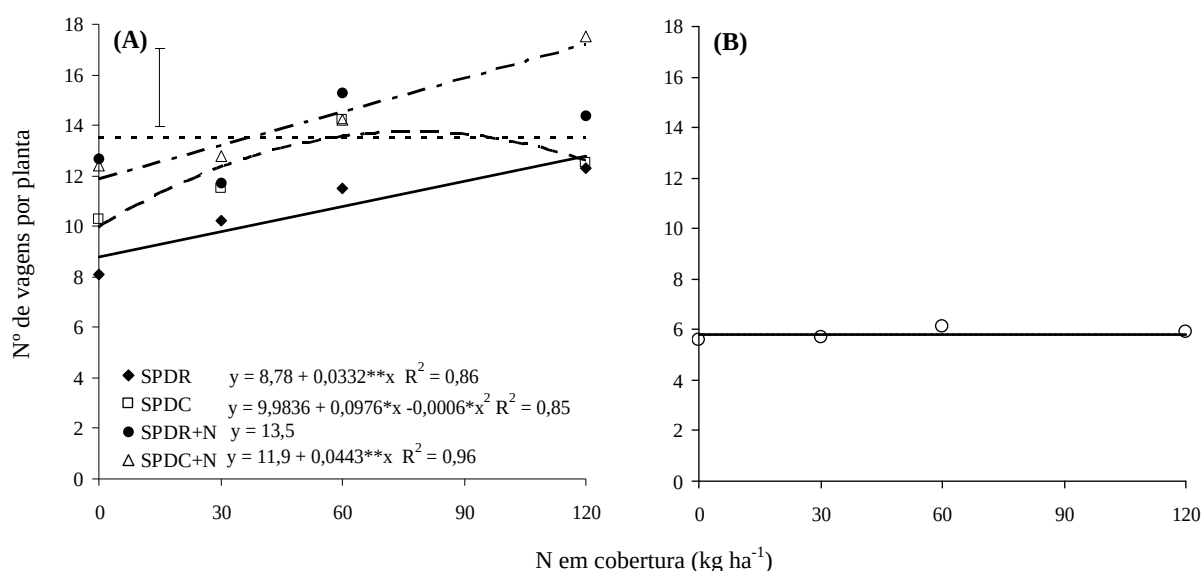


Figura 14. Número de vagens por planta da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo no ano agrícola 2007/08 (A) e na média dos quatro sistemas de manejo em 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha^{-1} de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha^{-1} de N antecipado. Barra vertical indica DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No segundo ano agrícola, os sistemas de manejo que receberam aplicação de N antecipado (SPDR+N e SPDC+N) proporcionaram maiores valores de número de vagens por planta do que o SPDR, porém não diferiram do SPDC (Tabela 10). Os

resultados indicam que a aplicação antecipada de N foi mais eficiente em incrementar o número de vagens por planta do que a aplicação em cobertura.

De maneira geral, no segundo ano do experimento observou-se menor número de vagens por planta, independentemente do tratamento (Tabela 10), o que está relacionado ao menor crescimento (Tabela 5 e Figura 3), já que plantas menores, normalmente produzem um menor número de estruturas reprodutivas. Além disso, as maiores temperaturas observadas no período logo após o florescimento, no segundo ano agrícola (Figura 1B), podem ter provocado abortamento de flores, contribuindo também para o menor número de vagens por planta observado.

O número de grãos por vagem sofreu efeito significativo apenas dos sistemas de manejo, nos dois anos de cultivo (Tabelas 10). Verificou-se que o SPDR+N proporcionou menor número de grãos por vagem.

A massa de 100 grãos sofreu efeito do sistema de manejo e adubação de cobertura, apenas no primeiro ano de cultivo (Tabela 11). Com relação aos sistemas de manejo, houve diferenças apenas entre o SPDC+N e o SPDR, sendo os maiores valores observados no primeiro. A aplicação de N em cobertura aumentou linearmente essa variável (Figura 15). Os resultados corroboram os obtidos por Soratto et al. (2000), Teixeira et al. (2000) e Teixeira et al. (2005) que obtiveram aumento na massa de 100 grãos do feijoeiro com aplicação de N. Porém, para o segundo ano, não foram obtidas diferenças significativas em nenhum em nenhum dos fatores estudados.

Com relação à produtividade de grãos, houve efeitos significativos de todos os fatores estudados, nos dois anos agrícolas (Tabela 11). No primeiro ano, verificou-se maiores produtividades de grãos nos sistemas de manejo que receberam N antecipado, ou seja, nos SPDR+N e SPDC+N (Figura 16A). Além disso, a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento da produtividade nos SPDR, SPDR+N e SPDC+N. Nos sistemas SPDR e SPDC+N, a aplicação de N em cobertura aumentou de forma linear a produtividade de grãos, já no SPDR+N, adubação de cobertura incrementou a produtividade do feijoeiro até a dose máxima calculada de $83 \text{ kg de N ha}^{-1}$.

Tabela 11. Massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de proteína nos grãos da cultura do feijão em função do sistema de manejo e da aplicação de doses de N em cobertura. Botucatu, SP.

Sistema de manejo	Massa de 100 grãos		Produtividade de grãos		Teor de proteína nos grãos	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
	g		kg ha ⁻¹		g kg ⁻¹	
SPDR	27,0b	27,4a	1.827	1.304	198,9b	237,0b
SPDC	28,3ab	27,9a	1.997	1.575	206,0ab	245,9ab
SPDR+N	27,9ab	26,6a	2.460	1.446	215,2a	243,6ab
SPDC+N	29,2a	27,5a	2.582	1.635	214,9a	251,7a
Significância						
Sistema de manejo (M)	*	ns	**	*	*	*
N em cobertura (C)	**	ns	*	**	**	**
Interação M x D	ns	ns	*	*	ns	ns
CV _{parcela} (%)	6,7	7,1	15,2	17,0	9,1	5,6
CV _{subparcela} (%)	3,8	7,4	12,2	16,8	9,6	8,4

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$). ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade.

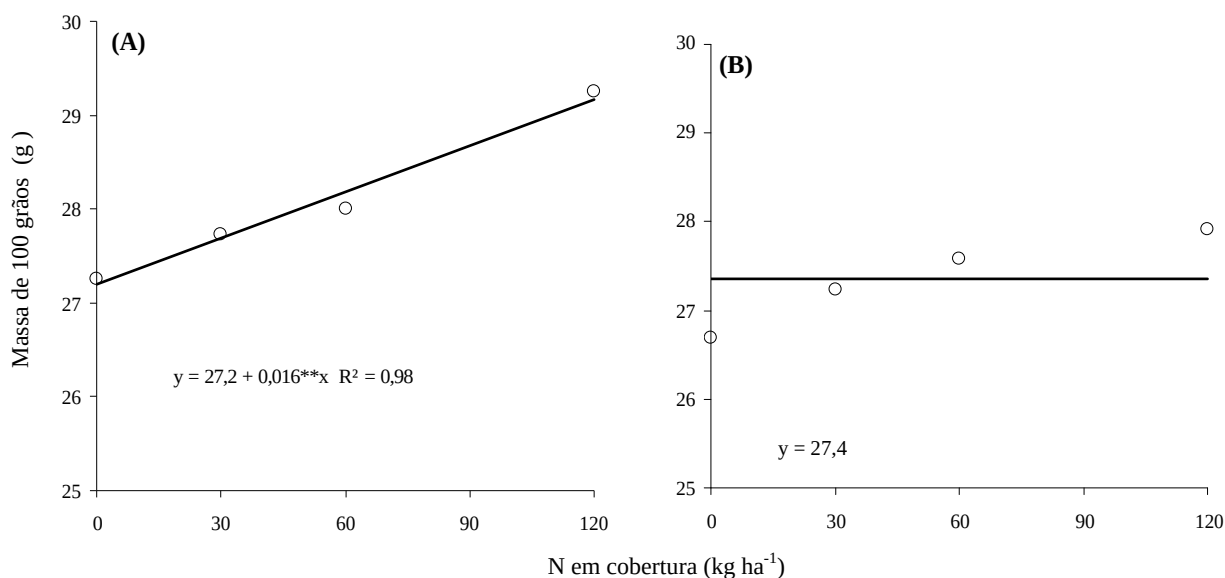


Figura 15. Massa de 100 grãos da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

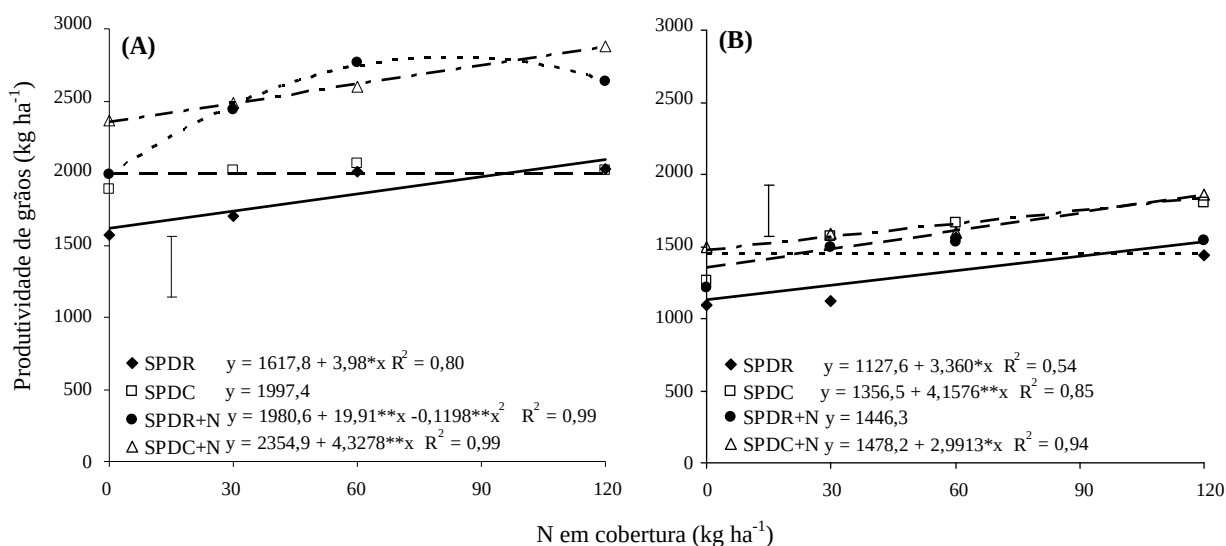


Figura 16. Produtividade de grãos da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura e do sistema de manejo, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. Barras verticais indicam DMS pelo teste de t ($P=0,05$). * e ** são significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

É importante ressaltar que nos sistemas que não receberam N antecipado, mesmo a aplicação de 120 kg ha⁻¹ não foi suficiente para proporcionar a mesma produtividade obtida no tratamento com 60 kg ha⁻¹ de N antecipado e sem N em cobertura, evidenciando que a aplicação de N antes da semeadura foi mais eficiente em proporcionar aumento de produtividade do feijoeiro do que a aplicação de N em cobertura (Tabela 11), o que pode estar relacionado com o período sem chuva ocorrido logo após a aplicação do N em cobertura (Figura 1), que pode ter diminuído a eficiência dessa prática.

No segundo ano, o desdobramento da interação indicou que a aplicação de N em cobertura incrementou linearmente a produtividade de grãos nos sistemas SPDR, SPDC e SPDC+N, e ausência de efeito no SPDR+N (Figura 16B). Soratto et al. (2004; 2005; 2006) obtiveram aumentos de produtividade de grãos do feijoeiro em função da aplicação de N em cobertura, no SPD em fase de implantação ou consolidação. Meira et al.

(2005) também verificaram incremento na produtividade do feijoeiro cultivado sobre arroz até a dose 164 kg ha^{-1} e Kikuti et al. (2005) observaram maiores produtividades do feijoeiro de inverno com doses de N de 170 kg ha^{-1} e 144 kg ha^{-1} nos anos de 2000 e 2002, respectivamente. Diniz et al. (1995) relataram que a planta responde a aplicação de doses maiores de 40 kg ha^{-1} na semeadura. Andrade et al. (1998) verificaram que tanto a aplicação de N na semeadura como em cobertura, 20 dias após a emergência das plantas de feijão, proporcionou incrementos na produtividade de grãos. Franco et al (2008) verificaram que a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N na semeadura proporcionou produtividade de grãos do feijoeiro em SPD semelhante a adubação parcelada.

As menores produtividades de grãos, obtidas no segundo ano, estão relacionadas às condições climáticas (Figura 1) que proporcionaram menor crescimento das plantas (Tabela 5), menor absorção de N (Tabela 6) e, conseqüentemente, menor número de vagens por planta (Tabelas 10 e 11).

Verificou-se, para o teor de proteína nos grãos, que houve efeito do sistema de manejo e da adubação de cobertura, nos dois anos de cultivo (Tabela 11). Em ambos os anos, os maiores teores de proteínas nos grãos foram obtidos nos sistemas que receberam N antecipado (SPDR+N e SPDC+N), seguidos do SPDC. Além disso, a aplicação de N incrementou de forma linear os valores dessa variável, nos dois anos agrícolas (Figura 17). Todos os aminoácidos e proteínas contêm N (MALAVOLTA et al., 1997). Assim, o aumento na disponibilidade e, conseqüentemente, na absorção de N pelas plantas, normalmente levam a um aumento no teor de proteínas (ARF, 1994). Destaca-se que a aplicação de N em cobertura, apesar de não ter influenciado no teor ou no acúmulo de N nas plantas em algumas situações (Figuras 5, 6 e 7), incrementou ao teor de proteínas nos grãos, independentemente do sistema de manejo adotado. Farinelli (2003) e Soratto et al. (2005) também obtiveram elevação do teor de proteína nos grãos do feijoeiro cv. Pérola, com aplicação de doses crescentes de N aplicadas em cobertura no estágio V4. Já Guerra et al. (2000) não observaram variação significativa no teor de proteína bruta nos grãos, para a cultivar Pérola no período “de inverno”, em função da aplicação de N.

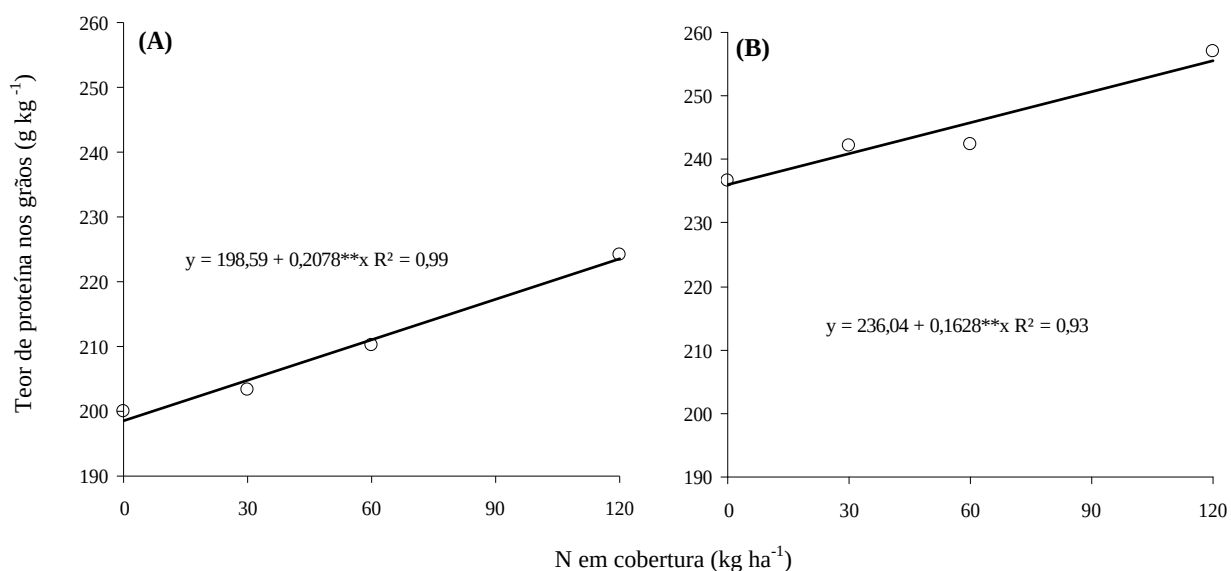


Figura 17. Teor de proteína nos grãos da cultura do feijão em função da aplicação de doses de N em cobertura, nos anos agrícolas 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Média de quatro sistemas de manejo. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Na cultura do feijão, existem relatos de que o teor de proteína se correlaciona negativamente com a produtividade de grãos (SGARBIERI, 1987; BRESSANI, 1989; POMPEU, 1993). Nas condições do presente trabalho isso não foi verificado, dentro de cada ano agrícola, pois ambas as variáveis foram significativamente incrementadas com a aplicação de N. Contudo, verificou-se que no segundo ano, no qual as produtividades de grãos foram, de maneira geral, menores que no primeiro, os teores de proteínas nos grãos foram maiores (Tabela 11).

Em 2007/08, na ausência da aplicação de N em cobertura, a adição de N de forma antecipada proporcionou aumentos de produtividade de grãos e eficiência de uso do N semelhantes em ambos os sistemas de manejo (Tabela 12).

Tabela 12. Aumento da produtividade de grãos do feijoeiro e eficiência de uso do N, considerando o sistema de manejo e a aplicação de doses de N em cobertura, Botucatu, SP.

N em cobertura	Sistema de manejo			
	SPDR	SPDC	SPDR+N	SPDC+N
kg ha ⁻¹	2007/08			
	———— Aumento da produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾ ————			
0	-	-	424,0	471,5
30	130,5	131,2	867,1	600,2
60	440,5	175,3	1.200,1	709,1
120	456,0	128,3	1.071,2	992,9
	———— Eficiência de uso do N ⁽²⁾ ————			
0	-	-	7,07	7,86
30	4,35	4,37	9,63	6,67
60	7,34	2,92	10,00	5,91
120	3,82	1,07	5,95	5,52
	2008/09			
	———— Aumento da produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾ ————			
0	-	-	119,8	233,6
30	23,9	314,4	397,4	327,6
60	465,4	404,6	442,2	342,7
120	163,1	544,9	447,2	601,8
	———— Eficiência de uso do N ⁽²⁾ ————			
0	-	-	2,00	3,89
30	0,80	10,48	4,41	3,64
60	7,76	6,74	3,69	2,86
120	1,36	4,54	2,48	3,34

SPDR: Sistema plantio direto recém-implantado; SPDC: Sistema plantio direto consolidado; SPDR+N: Sistema plantio direto recém-implantado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado; SPDC+N: Sistema plantio direto consolidado com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N antecipado. ⁽¹⁾ Obtido em relação à média de produtividade no tratamento sem aplicação de N: SPDR = 1569,2 kg ha⁻¹ e SPDC = 1888,7 kg ha⁻¹, no ano agrícola 2007/08 e SPDR = 1094,6 kg ha⁻¹ e SPDC = 1258,8 kg ha⁻¹, no ano agrícola 2008/09. ⁽²⁾ Eficiência de uso do N: kg ha⁻¹ de produtividade aumentada/kg ha⁻¹ de N aplicado (antecipado + cobertura).

Os sistemas SPDR e SPDC, a aplicação de N em cobertura proporcionou aumentos nas produtividades de grãos e nas eficiências de uso do N aplicado, bem menores do que nos sistemas que receberam N antecipado (SPDR+N e SPDC+N) (Tabela 12). Assim, a adição de N antecipadamente promoveu maior eficiência de utilização do nutriente, provavelmente por ter proporcionado maior acúmulo de matéria seca pelas plantas durante a fase vegetativa, possibilitando maiores respostas à aplicação de N em cobertura, com relação à formação de estruturas reprodutivas. Segundo Cavalho et al. (2001) e Soratto et al. (2006), plantas mais robustas, com mais ramificações e que produzem maior número de estruturas reprodutivas, acarretam maiores produtividades de grãos. Destaca-se que no SPDR+N foram observadas os maiores valores de eficiência de uso do N, chegando a 10 kg de grãos kg^{-1} de N, considerando-se os 60 kg ha^{-1} aplicados por ocasião da semeadura e os 60 kg ha^{-1} aplicados em cobertura.

Em 2008/09, o fornecimento de N antecipadamente no SPDC proporcionou aumento de produtividade e eficiência de uso do N maior do que no SPDR (Tabela 12). Contudo, a maior eficiência de uso do N (10,48 kg de grãos kg^{-1} de N) foi obtida com a aplicação de 30 kg ha^{-1} de N em cobertura no SPDC.

7 CONCLUSÕES

O tempo que a área permaneceu sob SPD não influenciou a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada.

A antecipação do N contribuiu para a manutenção da população de plantas almejada.

A aplicação de N antecipado e em cobertura aumentou a produtividade de grãos do feijoeiro.

Houve maior eficiência de uso do N quando este foi antecipado, do que quando aplicado em cobertura.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H. Características da cultura. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijoeiro comum (Sistema de Produção)**. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 23 set. 2007.

ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.49-62, 2001.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de plantas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.189-197, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e cultura de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.553-560, 2000.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.241-248, 2002.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.1, p.179-189, 2000.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, A.A.; RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ªed. Campinas: IAC, p. 189-195, 1996 (Boletim Técnico 100).

ANDRADE, M.J.B. de; ALVARENGA, P.E.; CARVALHO, J.G. de; SILVA, R. da; NAVES, R. de L. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, v.45, n.257, p.65-79, 1998.

ANDRADE, M.J.B. de; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. de ; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro a aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, n.4, p.499-508, 1998.

ANDRADE, R. da S.; MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; CARVALHO, J. de A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.35-38, 2002.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BRARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.873-928.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S.(Ed.). **Importância da adubação na qualidade de produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 239-247.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 241f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p.687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIM NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.54, n.1-2, p.101-109, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.599-607, 2000b.

BINOTTI, F.F. da S. **Fontes, doses e parcelamento do nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto**. 2006. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

BINOTTI, F.F. da S. **Preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijão**. 2004. 73p. Trabalho de graduação (Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

BINOTTI, F.F. da S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, v.66, n.1, p.121-129, 2007.

BINOTTI, F.F. da S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno irrigado. In: VIII CONAFE - CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, Goiânia, 2005. **Documentos 182...** Embrapa Arroz e Feijão, 2005.

BRADY, N.C. Suprimento e assimilabilidade do fósforo e do potássio. In: BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. p.373-413.

BRANCALIÃO, S.R.; MORAES, M.H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um nitossolo vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.393-404, 2000.

BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; ESPAÑA, M. E. de. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol comun (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.31, n.3, p.550-570, 1981.

CANECHIO FILHO, V. **Cultura do feijão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 30p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BRARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CARVALHO, A.M. de; SILVA, A.M. da; COSTA, E.F. da; COUTO, L. Influência da fertirrigação no rendimento de grãos e componentes de produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca. **Ciência e Prática**, v.16, p.503-511, 1992.

CARVALHO, M.A.C. de; ARF, O.; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.617-624, 2001.

CARVALHO, M.A.C. de; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.445-450, 2003.

CASTRO, O. M. Sistemas de preparo de solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G.P. (Ed.). **Simpósio sobre o manejo de água na agricultura**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p.27-51.

CERETTA, C.A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1998, Ijuí. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p. 49-62.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.A.; FLECHA, M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.1, p.163-171, 2002.

CERETTA, C.A.; MARCOLAN, A.L.; DURGON, R.; TISSOT, A.R. Acúmulo de carbono em humina, ácidos fúlvicos e húmicos em três profundidades de solo com sistema de cultura, sob plantio direto, durante 6 anos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2., São Carlos, 1997. **Anais...** São Carlos, Embrapa, 1997. p.136.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.4, p.1055-1064, 2002.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.

CONAB - CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasília, DF). **Comparativo da área, produção e produtividade**: série histórica. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/safras.asp>>. Acesso em: 24 mar. 2010.

COSTA, R.C.L. da; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, N.F. de. Efeito da água e do nitrogênio sobre a fotossíntese, respiração e resistência estomática em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.11, p.1371-1379, 1988.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1545-1552, 2007.

DALASTRA, I.M.; GUIMARÃES, V.F.; LOPES, M.C.; ANDREOTTI, M.; SANTOS, W.J. M.M.; BRACHTVOGEL, E.L.; KOLLING, J.A. Produtividade do feijão das águas em função do modo de aplicação e fontes de adubos nitrogenados em sistema plantio direto. In: FERTBIO 2004. Lages. 2004, **Anais...** Lages: SBCS, 2004. (CD-ROM).

DEL PELOSO, M.J. Estudo de população de plantas na cultura do feijoeiro de inverno no Estado de Goiás. In: REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO (GO, DF, MG, ES, SP, RJ). 1., Goiânia. 1988. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. p.85-86. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 27).

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKER U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR/GTZ, 1990. 271p.

DINIZ, A.R. **Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de doses de molibdênio foliar**. Lavras, 1995. 60p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S. W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.

FARINELLI, R. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada de cobertura em dois sistemas de manejo de solo**. 2003. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34p.

FRANCO, E.; ANDRADE, C. A. B.; SCAPIM, C. A.; FREITAS, P. S. L. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio na semeadura e cobertura no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, n.3, p.427-434, 2008.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1229-1236, 2000.

GUPTA, S.C.; HADAS, A.; SCHAFER, R.L. Modeling soil mechanical behavior during compaction. In: LARSON, W.E.; BLAKE, G.R.; ALLMARAS, R.R.; VOORHEES, W.B.; GUPTA, S.C. (Eds.). *Mechanics and related process in structured agricultural soils*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1989. p.137-152. (NATO Applied Sciences, 172).

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutriente e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23, n.1, p.145-154, 1999.

HORN, F.L.; SCHUCH, L.O.B.; SILVEIRA, E.P.; ANTUNES, I.F.; VIEIRA, J.C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D.F.; SCHWENGBER, J.E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.41-46, 2000.

INFORZATO, R.; MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, v.22, p.477-481, 1963.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R. Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRS MG Talismã. **Acta Scientiarum.Agronomy**, v27, n.3, p. 415-422, 2005.

KIRKBY, E.A.; KNIGHT, A.H. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. **Plant Physiology**, v.60, p.349-353, 1977.

KITUR, B.K.; SMITH, M.S.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. **Agronomy Journal**, v.76, n.2, p.240-242, 1984.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F.R.A. Manejo antecipado no nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agronômicas**, n.113, p.1-24, 2006.

KUMADA, N. **Soil organic matter analysis method**. Chemistry of soil organic matter. Tokio, Japan Scientific Societies Press, 1987. p.95-97.

LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A.S. **Sistema plantio direto**: Bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110p.

MAI, M.E.M.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; SILVEIRA, M.J. da; PAVINATO, A.; PAVINATO, P.S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.125-131, 2003.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. Nova ed. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MEIRA, F. de A.; SÁ, M.E. de ; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.383-388, 2005.

MENDONÇA, E.S.; OLIVEIRA, F.H.T. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 2000. **Anais...** Ponta Grossa, Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p.70-81.

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

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I.U.N.; BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and. plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L.; SWIFT, M.J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: Wiley-Sayce Publication, 1994. p.81-112.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. v.1, Viçosa: SBCS, 2000. p.393-486.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.169-221.

PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, p.38-88, 1991.

POMPEU, A. S. Feijão. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p.111-155.

PÖTTKER, D. **Efeito do tipo de solo, tempo de cultivo e da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul**. 1977. 128p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo/Piracicaba: Ceres/Potapós, 1991, 343p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.2, p.713-721, 1998.

RODRIGUES, J.R.M.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; REZENDE, P.M. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência Agrotecnologia**, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, 2002.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte do Informações agrônomicas: POTAFOS**, Piracicaba, n.68, dezembro1994, p.1-4.

RYLE, G.J.A.; HESKETH, J.D. Carbon dioxide uptake in nitrogendeficient plants. **Crop Science**, v.9, p.451-454, 1969.

SÁ J.C.M. Gerenciamento da matéria orgânica do solo no sistema plantio direto. In: **CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO**. Passo Fundo, RS. 2001.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. de (Ed.). **Interrelações fertilidade, biologia do solo e nutrição de planta**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Universidade Federal de Lavras, 1999. p.267-319.

SÁ, J.C.M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.11, p.1265-1271, 2003.

SGARBIERI, V. C. Composição e valor nutritivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: BULISANI, E. A. (Coord.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.257-316.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p.249-254, 1985.

SILGRAM, M; SHEPHERD, M.A. The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. **Advances in Agronomy**, v.65, p.267-311, 1999.

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

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

SILVA, T.R.B. da; SORATTO, R.P.; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura Agronômica**, v.9, p.1-17, 2000.

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

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C. de, ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.259-266, 2006.

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

SORATTO, R.P.; CARVALHO, R.L.T.; PILON, C.; GIORGETTI, A.A.; SOUZA, G.D. Épocas de antecipação do nitrogênio para o feijoeiro no sistema plantio direto após milho solteiro ou consorciado com *Brachiaria brizantha*. In: FERTBIO 2008. Londrina, 2008. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. (CD-ROM).

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Dolomite and phosphogypsum surface application effects on annual crops nutrition and yield. **Agronomy Journal**, v.100, n.2, p.261-270, 2008.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em plantio direto. **Bragantia**, v.64, n.2, p.211-218, 2005.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B. da; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C. de. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agronômica**, v.10, p.89-99, 2001.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B. da; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S. Feijoeiro irrigado e aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Cultura Agronômica**, v.9, n.1, p.115-132, 2000.

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.1113-1122, 2003.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: Genesis, composition, reactions. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496p.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.83-91, 1999.

TATE III, R.L. Humic and acids: Formation and decomposition. In: TATE III, R.L. (Ed.). **Soil organic matter**: Biological and ecological effects. New York: John Willey & Sons, 1987. p.147-164.

TATSUKAWA, T. Determination of fulvic and humic acid by Tatsukawa's method. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.37, p.28-33, 1966.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; FURTINI NETO, A.E.; MARQUES, E.L.S. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, n.3, p.499-505, 2005.

TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência Agrotecnologia**, v.24, n.2, p.399-408, 2000.

URBEN FILHO, G.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N.; THIÉBAUT, J.T.L. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v.27, n.151, p.302-312, 1980.

VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. J. B.; FURTADO, D. F. Resposta do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à doses de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999. Salvador. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-Arroz e Feijão, 1999. p. 866-867.

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F.; REZENDE, P.M. Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p. 1560-1568, 2003.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em sistemas de manejo do solo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.411-417, 1998.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

VOMOCIL, J.A.; FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.4, p.242-246, 1966.

WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. **I Curso de adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993, 89p.

YOKOYAMA, L.P. Importância econômica. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijoeiro comum (Sistema de Produção)**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 23 set. 2007.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.