

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEIJOEIRO DE PRIMAVERA
EM SUCESSÃO À MILHO E BRAQUIÁRIA EM PLANTIO
DIRETO**

Fabio Luiz Checchio Mingotte

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2011

M664a Mingotte, Fabio Luiz Checchio
Adubação nitrogenada no feijoeiro em sucessão a milho e braquiária
em plantio direto / Fabio Luiz Checchio Mingotte. -- Jaboticabal, 2011
iii, 65 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

Orientador: Leandro Borges Lemos

Banca examinadora: Rogério Farinelli, Renato de Mello Prado
Bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Sistemas de cultivo. 3. Integração
lavoura-pecuária. 4. Produtividade e eficiência agrônômica. 5.
Tecnologia de grãos. 6. Viabilidade econômica. I. Título. II. Jaboticabal -
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:635.652

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Jaboticabal.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEIJOEIRO DE PRIMAVERA
EM SUCESSÃO À MILHO E BRAQUIÁRIA EM PLANTIO
DIRETO**

Fabio Luiz Checchio Mingotte

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Julho - 2011

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FABIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE - filho de *Valter Luiz Mingotte e Maria Rosa Checchio Mingotte*, nascido aos 11 de abril de 1984, natural de Jaboticabal, interior do estado de São Paulo, Brasil. Coursou o ciclo básico na Escola Estadual de 1º e 2º grau “Nossa Senhora Aparecida”, o ensino fundamental na Escola Estadual “Dr. Joaquim Batista”. Concluiu o ensino médio juntamente com o ensino técnico profissionalizante no “Colégio Técnico Agrícola José Bonifácio” da UNESP de Jaboticabal obtendo o título de Técnico em Agropecuária aos 14 de dezembro de 2002. Em março de 2005 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual de Londrina (UEL). Como aluno de graduação foi bolsista de iniciação científica do primeiro ao último ano de faculdade, desenvolvendo pesquisas sobre a eficiência de extratos homeopáticos em plantas relacionadas ao controle de pragas no departamento de entomologia aplicada à agricultura da UEL. Desenvolveu atividades de iniciação científica na Área de Melhoramento e Genética Vegetal do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), por meio da Fundação Araucária, atuando nos projetos: Caracterização e avaliação do banco ativo de germoplasma de amendoim do IAPAR, Viabilização de matérias primas vegetais para produção e uso de biodiesel no Paraná e Melhoramento genético do feijoeiro, sendo posteriormente bolsista do PIBIC/CNPq, no projeto: Caracterização de isolados de Begomovirus que afetam o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seleção de linhagens resistentes, desenvolvido na mesma instituição. Em 2008/2009 foi bolsista da Capes pelo programa Brafagri (cooperação Brasil-França) cursando o Cycle d’Etudes Supérieures d’Agronomie Tropicale (ESAT) no Institut des régions chaudes, Université Montpellier SupAgro em Montpellier - França. Ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado em Produção Vegetal – em março de 2010, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/campus de Jaboticabal, sendo bolsista do CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa), tendo com orientador o *Professor Dr. Leandro Borges Lemos*.

*“A grandeza não consiste em receber as honras,
Mas sim em merecê-las...”*

“Aristóteles”

AGRADEÇO

Primeiramente a *Deus*, por meus sonhos realizados, e pela luz mesmo nos momentos mais difíceis de minha vida, me deu força para vencer as dificuldades...

DEDICO

À meus avós paternos (*In memoriam*) *João Mingotte e Marta Pirapelli Mingotte* e a meus avós maternos *Oswaldo Checchio e Hermínia Zanca Checchio*, pela própria existência e perseverança, além de transmitirem a dignidade de nossos antepassados...

OFEREÇO

A minha família, em especial aos meus pais *Valter e Maria Rosa*, pelos valiosos ensinamentos e princípios de vida e por sempre estarem ao meu lado em minhas decisões. À minha irmã *Fabiani Checchio Mingotte*, pelos incentivos que me auxiliaram na busca de meus sonhos. À minha namorada *Marcela*, pelo apoio e importantes momentos compartilhados. Aos meus estimados padrinhos *Vera Lúcia Mingotte e José Carlos Mingotte*. Aos senhores *Lauro Gonçalves de Souza, Célia Maria Sitta Gonçalves de Souza, George M. Yada e Inês Fumiko Ubukata Yada* que foram acima de tudo, companheiros nessa jornada, dispostos a ajudar no que fosse preciso...

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – FCAV/UNESP, pelos ensinamentos oferecidos;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Professor Dr. Leandro Borges Lemos, pelos importantes ensinamentos, orientação e amizade, e por sempre estar disposto a esclarecer minhas dúvidas;

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho e Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pelas sugestões que ajudaram na melhoria do artigo científico e do projeto; assim como ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado e Prof. Dr. Rogério Farinelli, pelas oportunas observações e sugestões que resultaram no aperfeiçoamento da presente dissertação;

Aos docentes do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da FCAV/UNESP pela importante contribuição em meu crescimento científico;

Aos pesquisadores do IAPAR Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior e Dra. Vânia Moda-Cirino, pelos grandes ensinamentos e entusiasmo transmitidos desde as “épocas” de iniciação científica, e pelo fornecimento das sementes utilizadas no experimento;

Ao Prof. Paulo Eduardo Carnier, que gentilmente cedeu parte da área do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” para o desenvolvimento do trabalho experimental;

Aos profissionais do Laboratório de Análises Químicas de Plantas da FCAV-UNESP, em especial ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado, que permitiu a utilização dos equipamentos para a realização das análises;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV, Campus de Jaboticabal, Marcelo Scatolin, “Sr. João”, Vagner Colovatti, Claudiney, Toninho e Paulo, pelo apoio na condução dos trabalhos de campo;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Sebastião Nicole, Mauro A. Volpe, “Faro-Fino”, Geraldo, “Tito”, Mônica, “Gabi” e Osmar), pelo apoio e amizade nesses anos de convivência e imensa contribuição nas atividades dos experimentos;

Aos colegas de Pós-Graduação, em especial a Celso Antônio Jardim, Ciro Franco Fiorentin, Anselmo Custódio, Antônio Carlos Carmeis Filho e Tatiana Pagan Loeiro da Cunha, assim como aos colegas estagiários, graduandos em agronomia, Aline Mungo, Guilherme Pozzato Francisco de Souza e Marcela Bonafim Marconatto, pelo admirável convívio e pelas importantes contribuições neste trabalho;

Aos queridos amigos, que estão ao meu lado em todos os momentos, Ciro, Cristiane, Lívia, Rafael, Laurinha, Milena, Guilherme, Cristina, Adhemar e George Jr.

Aos meus estimados primos e companheiros Cristiane M., Juninho, André, Carina, Fernanda, Alessandro e “Tico”.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
SUMMARY	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÕES.....	49
7. REFERÊNCIAS	50

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEIJOEIRO DE PRIMAVERA EM SUCESSÃO À MILHO E BRAQUIÁRIA EM PLANTIO DIRETO

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada no feijoeiro em sucessão à milho e braquiária em plantio direto. Os experimentos foram conduzidos em Jaboticabal (SP), num latossolo vermelho eutrófico. Foi utilizada a cultivar de feijoeiro IPR Juriti em parcelas subdivididas, com três repetições, dispostas em blocos casualizados. As parcelas foram compostas por três sistemas de cultivos, representados por milho exclusivo, milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva (cultivos de verão) antecedendo a cultura do feijoeiro (cultivo de inverno-primavera com uso de irrigação), tendo como subparcelas cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura no estágio V_{4.4}. O cultivo de braquiária favorece a formação de palhada no sistema de plantio direto não afetando a produtividade de grãos do milho em consórcio. O feijoeiro em sucessão a esse sistema apresenta produtividade de grãos em torno de 3.000 kg ha⁻¹, não ocorrendo resposta à adubação nitrogenada em cobertura, porém com valores elevados no tempo de cozimento. O acréscimo das doses de nitrogênio no feijoeiro em sucessão a milho exclusivo aumenta a produtividade de grãos e a margem bruta de ganho, com redução na eficiência agrônômica. O tempo para cozimento de grãos diminui em função de doses crescentes de nitrogênio, ocorrendo menores valores no feijoeiro em sucessão à braquiária e milho cultivados exclusivamente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., sistemas de cultivo, integração lavoura-pecuária, produtividade e eficiência agrônômica, tecnologia de grãos, viabilidade econômica.

NITROGEN FERTILIZATION IN SPRING COMMON BEAN IN SUCCESSION TO MAIZE AND BRACHIARIA IN NO-TILLAGE

SUMMARY – The objective of this study was to evaluate the influence of nitrogen rates in the common bean in succession to maize and brachiaria in no-tillage. The experiments were conducted in Jaboticabal (SP), in eutrophic red latosol. The IPR Juriti cultivar was used in split plot design with three replications, in randomized block. The plots had been composed for three crop systems in the summer season, with maize exclusive, maize intercropped with *Brachiaria ruziziensis* and *B.ruziziensis* exclusive. The subplots had been constituted for five nitrogen rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹), applied as sidedressing at V₄₋₄ in irrigated common bean cultivated in the winter-spring season. The brachiaria favors the grass cover crop production in no-tillage and doesn't affect the maize yield intercropped. The yield of common bean in succession of this system is around 3,000 kg ha⁻¹ without response to the nitrogen sidedressing, with higher values in the cooking time. The increase of nitrogen rates in common beans in succession to maize exclusive improves the yield and gross return, although decreases the agronomic efficiency. The grains cooking time decreases in function of the nitrogen rates, with lower values in common beans in succession to brachiaria and maize exclusives.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., crop systems, crop-livestock integration system, yield and agronomic efficiency, grains technology, economical viability.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, na região dos Cerrados, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é a principal cultura produtora de grãos explorada na entressafra do milho ou no período de outono-inverno com uso de irrigação, obtendo produtividades acima de 3.000 kg ha⁻¹. No Estado de São Paulo, destaca-se sua exploração com maior intensidade, principalmente na região Sudoeste, com seu cultivo em grande parte iniciado a partir de agosto, sendo denominado de feijão das águas antecipado com uso de irrigação ou feijão de inverno-primavera.

O feijoeiro vem sendo explorado em diversos sistemas de produção agrícola, com grande destaque no sistema de plantio direto (SPD) por apresentar características agronômicas e comerciais interessantes como ciclo curto, fotoperíodo neutro, potencial produtivo, sendo ainda, uma planta fixadora de nitrogênio (N), obtendo preço competitivo no cultivo de inverno-primavera.

O SPD preconiza-se o mínimo revolvimento do solo, a rotação ou sucessão de culturas e a formação de cobertura vegetal no solo ou palhada. Em regiões de Cerrado, bem como no Norte e Noroeste do Estado de São Paulo, a maior dificuldade para se obter sucesso nesse sistema de produção, está na formação e manutenção da palhada no solo em razão da alta taxa de decomposição desses resíduos vegetais devido às condições climáticas de verão chuvoso e quente, bem como inverno seco.

A quantidade e a qualidade da palhada sobre a superfície do solo dependem do sistema de sucessão de culturas adotado e em grande parte, do tipo de planta de cobertura e do manejo que lhe é dado. No SPD deve-se dar preferência ao cultivo de gramíneas, de alta relação C/N, para acelerar a formação da camada de palhada no solo, onde o milho (*Zea mays* L.) e as braquiárias, dentre elas a *Brachiaria ruziziensis* vêm apresentando como as melhores alternativas, podendo ser exploradas em cultivos exclusivos ou consorciadas, promovendo novas alternativas de sistemas de produção, podendo citar a Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

Em razão disso, maior atenção deve ser observada à adubação nitrogenada, pois poderá haver aumento na taxa de imobilização desse nutriente pelos microrganismos do solo, bem como devido às culturas produtoras de grãos, no caso específico do milho e do feijoeiro, serem grandes extratoras de N, mesmo sabendo que essa leguminosa apresenta capacidade de fixar N atmosférico, por simbiose com bactérias do gênero *Rizobium*, porém a quantidade suprida por esse processo é, em geral, insuficiente para a cultura atingir elevadas produtividades. No entanto, a recomendação oficial de adubação para o estado de São Paulo, é baseada apenas no sistema de preparo convencional do solo, ficando evidente a necessidade de trabalhos envolvendo sistemas de cultivo antecessores ao feijoeiro submetido a doses de N no SPD.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a influência da adubação nitrogenada em cobertura nas características agrônômicas e tecnológicas de grãos do feijoeiro de primavera em sucessão à milho e braquiária em sistema de plantio direto. Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Avaliar o desempenho agrônômico, produtivo e a eficiência agrônômica do feijoeiro em sucessão a três sistemas de cultivo, quanto à aplicação de doses de nitrogênio em cobertura;

- Verificar como determinadas práticas agrícolas influenciam a qualidade, especialmente as características tecnológicas dos grãos do feijoeiro;

- Divulgar e ampliar o uso do plantio direto em regiões de verão quente e inverno seco, bem como da integração lavoura-pecuária;

- Coletar informações agrônômicas e nutricionais, além da produção de palhada e permanência da cobertura vegetal mediante os sistemas de cultivo envolvendo as culturas do milho e braquiária, de forma a viabilizar o sistema de plantio direto nas condições de verão quente e chuvoso, e inverno predominantemente seco;

-Analisar o desempenho agrônomico e produtivo do feijoeiro semeado em agosto, definido como “feijão de inverno-primavera”, mostrando sua viabilidade econômica com a geração de informações técnicas para a região norte do estado de São Paulo, podendo tornar-se um projeto piloto e mais uma alternativa de cultivo nessa região.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerada uma das mais importantes do mundo, sendo cultivado em países como Brasil, Índia, China, Myanmar e México (FAO, 2007). A área total cultivada com o feijoeiro no Brasil em 2009/2010 alcançou 4,2 mil hectares, com produção de 3,5 milhões de toneladas, sendo a terceira cultura mais plantada no país, sucedendo a soja e o milho (CONAB, 2010).

Apesar da posição de destaque do Brasil no cenário mundial e da elevação da produtividade de grãos no país, esta última é considerada baixa face ao verdadeiro potencial produtivo desta leguminosa e isso se deve, em grande parte, a grande variação de tecnologia empregada nas lavouras de feijão. No Brasil, o feijoeiro vem sendo cultivado numa diversidade de agroecossistemas, alcançando produtividades acima de 3.000 kg ha⁻¹, principalmente em regiões de clima favorável nos períodos de outono-inverno e inverno-primavera com uso de sistemas de irrigação, associado à utilização em maior quantidade de insumos agrícolas e em função também das cultivares de elevado potencial produtivo (YOKOYAMA, 2002; CHIORATO et al., 2007).

Ao longo dos anos o feijoeiro, inserido em sistemas de cultivo em sucessão e/ou rotação, tornou-se uma das principais culturas de entressafra, sendo explorada em áreas irrigadas na Região Central (GO e DF) e Sudeste do Brasil (MG e SP), tendo no Estado de Goiás, no Distrito Federal e em Minas Gerais elevadas produtividades, em torno de 2.910, 3.150 e 2.469 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2010).

No início dos anos 90 devido à utilização de forma intensa e contínua do solo, verificou-se com relativa freqüência sinais de desequilíbrio ambiental em culturas

irrigadas de feijão, e conseqüentes prejuízos a sua produtividade, especificamente nas Regiões Norte e Nordeste Paulistas, pioneiras no cultivo de feijão com irrigação sob pivô central (WUTKE et al., 1998). Nessas regiões com o início da implantação do feijão irrigado na safra de inverno na década de 80, a obtenção de altas produtividades e preços satisfatórios culminou no manejo do solo e da irrigação de forma desordenada, que associado ao cultivo quase que anual de feijão na mesma área, promoveu o surgimento de doenças, com grande destaque para o mofo branco (*Sclerotinia sclerotium*), ocasionando o aumento do custo de produção e em muitos casos a inviabilidade de exploração da cultura do feijoeiro. De forma geral, a severidade de doenças fúngicas (*Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina*) e, especificamente o mofo branco, tem aumentado no país onde são utilizados sistemas de produção irrigados, que envolvem seqüências de culturas suscetíveis, como feijão, ervilha ou tomate, no inverno, soja e algodão no verão, o que propicia condições favoráveis de umidade para o desenvolvimento da doença (CRUZ et al., 2004).

Dessa maneira, para a viabilidade de um agroecossistema faz-se necessário o emprego de um sistema de produção que contribua para a melhoria da capacidade produtora do solo, conservando ou melhorando o ambiente. Entre os vários sistemas de produção destaca-se o SPD que se fundamenta na eliminação das operações de preparo do solo, uso de semeadoras específicas, controle de plantas daninhas com adoção de herbicidas, formação de cobertura morta no solo e na rotação/sucessão de culturas. Iniciado no Brasil em 1970 nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul, e com o processo de adoção pelos agricultores a partir de 1976, o SPD está difundido em quase todo o território nacional, incluindo grandes, médios e pequenos produtores, com área total em torno de 26 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2009).

O feijoeiro destaca-se entre os principais cultivos anuais no SPD e tem sido o mais importante, em área cultivada, nos sistemas irrigados por aspersão no período de entressafra, sendo em algumas situações, explorado até em duas safras seqüenciais num mesmo período, devido principalmente aos eventuais preços, pelo ciclo curto e adaptação ao clima (KLUTHCOUSKI & STONE, 2003). Segundo relatos de WUTKE & De MARIA (2005) as primeiras pesquisas utilizando o feijoeiro no SPD foram iniciadas

no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), as quais revelaram a viabilidade do seu cultivo dentro de um sistema de sucessão de culturas. Assim, ao longo do tempo, o feijoeiro tornou-se uma cultura interessante dentro de um sistema de sucessão em função de apresentar o ciclo de desenvolvimento curto, ganho de N pelo processo de fixação simbiótica, possibilidade de exploração em épocas distintas seja em condições de sequeiro ou sob irrigação, além do potencial produtivo (LEMOS & FARINELLI, 2008). De acordo com STONE & MOREIRA (2001), a produtividade do feijoeiro aumenta com o decorrer do tempo de adoção do SPD, desde que seja empregada corretamente e sob condições racionais a técnica da rotação e/ou sucessão de culturas.

A rotação de culturas caracteriza-se no cultivo de espécies vegetais distintas e de modo alternado, visando à ocupação do solo de forma racional e a maior eficiência produtiva, proporcionando a redução na degradação por erosão, melhoria na fertilidade do solo, diminuição na incidência de insetos-praga, doenças e na infestação de plantas invasoras, como também minimiza a alteração ambiental. O sistema de rotação e sucessão de culturas deve ser adequado para permitir no mínimo a formação de 6 a 7 t ha⁻¹ de palhada e manutenção de cobertura morta na superfície do solo para o SPD (AIDAR et al., 2007). Existem muitas plantas de cobertura para as diferentes regiões edafoclimáticas do Brasil, e a experiência local é decisiva nesta seleção. Em qualquer situação, deve-se ter sempre em mente que não existe uma planta “milagrosa” e que o ideal é ter mais uma dessas espécies no sistema de produção, onde se busca aliar renda à preservação ambiental (ALVARENGA et al., 2001).

No SPD a manutenção dos resíduos culturais favorece proteção superficial e o aumento do teor de matéria orgânica ou carbono orgânico (SÁ et al., 2001; SALTON et al., 2001) alterando as condições químicas (FALLEIRO et al., 2003), físicas (TORMENA et al., 2004) e biológicas do solo (PEREZ et al., 2005). A produção de palhada em quase totalidade das regiões brasileiras está condicionada a fatores ambientais de baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas em boa parte do ano, que por sua vez promovem uma decomposição mais acentuada dos restos vegetais na superfície do solo. A taxa de decomposição pode ser de cinco a dez vezes mais acelerada em regiões tropicais e subtropicais em comparação a regiões temperadas (LAL & LOGAN,

1995). Além disso, o fator déficit hídrico que ocorre na entressafra restringe o cultivo de espécies para a formação de palhada na safrinha, ou logo antes da safra (primavera-verão), com semeadura das espécies de cobertura no início do período chuvoso (AMABILE et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2005). Por estes motivos, espécies de alta relação C/N, especificamente as gramíneas são mais empregadas em virtude da taxa de mineralização ser mais lenta e gradual (CHAVES & CALEGARI, 2001).

No geral, o feijoeiro tem sido cultivado em rotação e/ou sucessão principalmente com as culturas do milho, soja, trigo, triticale, aveia preta, aveia branca, sorgo, milheto e leguminosas forrageiras, dependendo do ano agrícola e da região produtora. Nos Estados de Goiás e Minas Gerais a sucessão baseia-se no milho no verão e feijão de inverno. No Sudoeste Paulista, importante pólo produtor de feijão, alguns sistemas de rotação já estão bem conhecidos, onde na safra verão cultiva-se milho, soja e feijão das águas, o milho safrinha e feijão da seca na época de verão-outono (segunda safra) e no inverno, também chamada de terceira safra cultivam-se os cereais como aveia preta ou branca, trigo, triticale e cevada cervejeira (WUTKE & De MARIA, 2005).

Sistemas de cultivo em sucessão ou rotação de culturas promovem benefícios ao feijoeiro, como diminuição das perdas de solo, água e nutrientes (GUADAGNIN et al.; 2005); redução no consumo de água (STONE & MOREIRA, 2000; STONE et al., 2006; BIZARI, 2007); aumento na eficiência de controle de plantas daninhas (FAVERO et al., 2001; BRAZ et al., 2006); melhoria do ambiente solo, especificamente dos atributos físicos, químicos e biológicos (COLLARES et al., 2006; SILVA et al., 2007); além do aumento da produtividade agrícola (SILVEIRA et al., 2005; NUNES et al., 2006).

O emprego da ILP, aliada às práticas conservacionistas como SPD, é uma alternativa econômica e sustentável para recuperar áreas degradadas, a exemplo de pastagens com baixa produção de forragens e lavouras com problemas de produtividade e sustentabilidade. A ILP consiste em diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, madeira, carne, leite e agroenergia, implantados na mesma área, em consórcio, em rotação ou em sucessão, envolvendo o cultivo, principalmente de grãos e a implantação ou recuperação de pastagens. A prática da ILP por meio da sucessão de culturas milho-braquiária-feijão, uma das maiores sucessões agrícolas do país, além de

incentivar o desenvolvimento de tecnologia de produção de grãos, oferece aos agricultores mais uma alternativa de produção, permitindo melhor aproveitamento de recursos disponíveis (AIDAR et al., 2007; KLUTHCOUSKI, et al., 2007).

De forma geral, as principais alternativas de ILP são: a) integração em áreas com pastagem e solo degradados (consórcio de culturas anuais com forrageiras, sucessão lavoura-pastagem anual e/ou perene, rotação cultura anual-forrageira), b) integração em áreas com pastagem degradada (consórcio de culturas anuais com forrageiras, rotação/sucessão de culturas anuais com forrageiras), c) integração em áreas de lavouras sob solo corrigido (consórcio de culturas anuais com forrageiras, rotação cultura anual-forrageira, sucessão cultura anual-forrageira anual). Segundo MAIA et al. (2000), no estabelecimento e na renovação de pastagens empregam-se comumente as gramíneas forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Andropogon*, *Hyparrhenia* e *Setaria*, com as culturas acompanhantes ou companheiras, como milho, sorgo, arroz e milheto. As culturas de milho, sorgo e arroz e, raramente, o milheto, nesse caso, são empregados para a produção de grãos.

Resultados de pesquisas têm apontado como alternativa na formação de palhada para o SPD em regiões de verão quente e inverno seco o cultivo de gramíneas. TIMOSSI et al. (2007) avaliaram o potencial agrônomo das espécies forrageiras *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* comparadas ao milheto na formação de palhada para a adoção do SPD em Jaboticabal (SP) no período de março a novembro. Concluíram que as braquiárias comparativamente ao milheto foram eficientes na formação de palhadas produzindo valores acima de 11 t ha⁻¹, além de densa cobertura no solo e com a supressão do desenvolvimento de plantas daninhas.

De acordo com MAROCHI (2006), a espécie *Brachiaria ruziziensis* preenche os requisitos como cobertura morta para o SPD por apresentar disponibilidade de sementes, rusticidade, ampla adaptação, fácil controle com herbicidas, baixa incidência de insetos-praga e doenças, baixa exigência nutricional e hídrica, elevada produção de massa verde (média de 40 t ha⁻¹) e alta relação C/N que permite a presença da palhada por um período mais longo. Possui ainda hábito de crescimento cespitoso o que resulta em 100% de cobertura do solo facilitando a semeadura, pode ser semeada a lanço ou

incorporada ao solo, auxilia na redução de patógenos nas culturas da soja/feijão/algodão (*Rizoctonia* e *Fusarium*) e milho (*Cercospora*, *Diplodia* e antracnose), trata-se de uma espécie com micorrização e recicladora de silício e excelente seqüestradora de carbono. Todas essas vantagens citadas propiciam sua utilização no sistema ILP.

O estabelecimento do consórcio pode ser efetuado mediante a semeadura simultânea da cultura anual e da forrageira (*Brachiara* sp), ou a partir da semeadura da cultura anual e da germinação natural da forrageira de sementes existentes no solo. Várias culturas anuais têm sido utilizadas para essa finalidade, mas segundo SILVA et al. (2004), há maior preferência para a cultura do milho destinado à produção de grãos ou silagem, devido à tradição de cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados às diferentes regiões do Brasil, como também pela excelente adaptação quando utilizado em consórcio e à finalidade de cultivo. Dentre as diversas formas de implantação do consórcio, a semeadura simultânea com duas linhas da forrageira na entrelinha do milho tem apresentado melhores resultados em relação à cultura e à forrageira, tanto em consórcio com o milho destinado à produção de grãos (JAKELAITIS et al., 2005) como para silagem (FREITAS et al., 2005a,b).

Segundo SILVA et al. (2004) e FREITAS et al. (2008), o milho é considerado um ótimo competidor com plantas de menor porte, como é o caso das braquiárias, em virtude, principalmente, à sua expressiva vantagem sobre a forrageira, evidenciada pela maior taxa de acúmulo de massa seca produzida nos estádios iniciais de desenvolvimento. Apresenta ainda elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, o que reduz a quantidade desse recurso para outras espécies. Porém, essa interceptação varia conforme as características morfológicas do cultivar, como altura de planta e conformação das folhas. De acordo com BORGHI (2007), a competitividade entre a cultura de grãos e a forrageira pode ser amenizada com a adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas, que retarda o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição interespecífica.

ALVARENGA et al. (2006) avaliaram diversos estudos com o consórcio milho e braquiária e demonstraram que, na média, a presença da forrageira reduziu a produtividade do milho em até 5%. No entanto, verificou também que, em várias situações, não há diferenças significativas entre o milho solteiro e o consorciado.

Vale ressaltar que o emprego da braquiária e/ou consorciadas com o milho, por meio do Sistema Santa Fé, na rotação com o feijoeiro, vem ganhando destaque, pois seu cultivo está relacionado na desinfecção de patógenos que sobrevivem no solo, em especial a *S. sclerotiorum*, *F. solani* e *R. solani*, com a obtenção de elevadas produtividades de grãos. AIDAR et al. (2000) avaliaram cinco diferentes fontes de resíduo para cobertura morta, antes e após a colheita do feijoeiro, além do desempenho produtivo e a incidência de mofo branco. Esses autores verificaram que a palhada de braquiária, associada aos restos culturais do milho, ultrapassou 16 t ha⁻¹ de massa seca, mantendo-se suficiente para a proteção do solo por mais de 107 dias. De forma geral, a produtividade do feijoeiro foi elevada, ficando acima de 3.500 kg ha⁻¹, onde a palhada da braquiária foi a que melhor conteve a progressão de mofo branco.

Com a expansão do plantio direto, as experiências dos produtores e as pesquisas realizadas, constataram que a rotação/sucessão de culturas deve priorizar a formação cobertura morta destacando-se a maior quantidade de palhada produzida e maior acúmulo de nutrientes; o uso de gramíneas irá esgotar o N disponível do solo e estimulará a fixação biológica de N₂ pela leguminosa; a água e nutrientes do solo podem ser mais eficientemente utilizados mediante a exploração de diferentes volumes de solo por sistemas radiculares com distribuição distinta; ocorrendo ainda a formação de palhadas com relação C/N que proporcione, simultaneamente, proteção ao solo e fornecimento de N à cultura em sucessão (GIACOMINI et al., 2003).

Em diversas localidades do Brasil, há grande variação da produtividade do feijoeiro em relação às várias espécies de plantas utilizadas em rotação e/ou sucessão. SILVA et al. (2003) estudando em Selvíria (MS) a sucessão feijão-crotalária, feijão-mucuna preta, feijão-arroz, feijão-milheto e feijão-milho, obtiveram produtividades de 2.271, 2.225, 2.030, 2.046 e 2.078 kg ha⁻¹, respectivamente. Em Jaboticabal (SP), BORDIN et al. (2003) obtiveram resultados de 2.008, 1.908 e 2.177 kg ha⁻¹ de grãos de

feijão na sucessão ao milheto, sorgo de guiné e crotalária. Já AIDAR et al. (2000) em Santo Antônio de Goiás (GO), obtiveram valores de 3.577, 3.787, 3.606, 3.641 e 3.899 kg ha⁻¹ para o feijoeiro cultivado após milho, arroz, soja, milho consorciado com braquiária e braquiária, respectivamente. Isso ocorre devido às diferenças nos sistemas de produção, manejos de solo, além de épocas de semeadura, uso de cultivares, níveis de adubação, entre outros fatores, merecendo maior investigação científica em nível regional e por longo prazo.

AIDAR et al. (2005) avaliaram a produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, após o cultivo de soja, arroz e milho + braquiária (consórcio), em Santa Helena de Goiás (GO), em área no SPD por mais de 15 anos, com intenso uso da ILP, por meio do Sistema Santa Fé. Verificaram que a produtividade do feijoeiro foi maior quando cultivado sob palhada de milho + braquiária, sendo 664 e 381 kg ha⁻¹ superior em comparação às palhadas de arroz e soja, respectivamente, proporcionando também elevado número de vagens por planta. Os autores ainda relataram a importância da realização de trabalhos de pesquisa em equipes multidisciplinares, prioritariamente em sistemas sustentáveis de produção, procurando, ao mesmo tempo, aprimorá-los, ao investigar as causas dos efeitos benéficos observados sobre o feijoeiro.

No que diz respeito à fertilidade do solo no SPD, o N é um dos principais limitantes ao aumento ou mesmo à manutenção da produtividade das culturas nos solos tropicais. O alto custo, além de seu caráter poluidor e a baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados faz com que sejam necessárias alternativas viáveis que maximizem seu uso e manejo de forma eficiente (NÓBREGA & NÓBREGA, 2003; BARBOSA FILHO et al., 2005; SANT'ANA et al., 2011).

A maximização do uso de N pelo feijoeiro deve ser priorizada, pois além dos aspectos econômicos, este nutriente apresenta risco ao meio ambiente por ser potencialmente contaminante de lençóis freáticos. Por ser o N um elemento que se perde facilmente por vários processos como volatilização, lixiviação e desnitrificação no sistema solo-planta o manejo adequado com o propósito de maximizar a eficiência de seu uso é altamente desejável. A eficiência de uso das fontes de N pelas culturas anuais como o feijoeiro é baixa, ao redor de 50% a 60%, e uma das causas para esse

baixo valor relaciona-se com a dose e época de aplicações inadequadas (FAGERIA & BALIGAR, 2005; BRITO et al., 2011).

A disponibilidade de água e N é limitante para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (LEA & AZEVEDO, 2006). O N participa de processos fundamentais no metabolismo vegetal como a absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, incrementando a produção agrícola (MALAVOLTA, 2006). O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, dentre os quais o N é absorvido em quantidade mais elevada, sendo necessário cerca de 46 kg de N para cada 1.500 kg de grãos (OLIVEIRA & THUNG, 1988). O N é responsável pelo incremento da área foliar da planta, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FAGERIA & BALIGAR, 2005).

Apesar da capacidade de fixar o N atmosférico, por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade do nutriente suprida por esse processo é, em geral insuficiente para se atingir elevadas produtividades do feijoeiro (LEMOS et al., 2003; MARTÍNEZ-ROMERO, 2003). O uso da dose adequada de N evita o aumento excessivo da área foliar, que pode propiciar auto-sombreamento, o qual diminui a eficiência fotossintética e a transpiração. Se não for adotado o manejo apropriado, pode ocorrer deficiência de N, o que resulta em plantas com baixa fitomassa e senescência prematura, evidenciada pelo amarelecimento das folhas mais velhas (FAGERIA & BALIGAR, 2005).

A resposta da cultura ao fornecimento ou não do N mineral é também influenciada pelo tipo de resíduo vegetal presente na superfície do solo. Resíduos com elevada relação C/N contribuem para o processo de imobilização microbiana de N no solo interferindo na produtividade das culturas, assim no SPD talvez ocorra necessidade de aplicação de doses elevadas de N em função da velocidade na taxa de decomposição e da relação C/N da palhada (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; CARVALHO et al., 2003).

Neste contexto, também devem ser destacados os inúmeros trabalhos que estudaram o desempenho do feijoeiro em relação à adubação nitrogenada, em diversos

sistemas de manejo de solo, nos quais alguns resultados mostraram resposta da cultura a doses de N acima de 100 kg ha^{-1} , principalmente em sucessão e/ou rotação com gramíneas (STONE & MOREIRA, 2001; CARVALHO et al, 2003; SORATTO et al., 2004; MEIRA et al., 2005; SANTOS & FAGERIA, 2007; GOMES JUNIOR et al., 2005a).

No trabalho de SILVEIRA et al. (2005), o N afetou a produtividade do feijoeiro de inverno (cultivar Pérola) em todas as espécies de cobertura no SPD, sendo que nas palhadas de braquiária, milho+braquiária, mombaça, sorgo e estilosantes, a dose de 120 kg ha^{-1} em cobertura não foi suficiente para atingir a produtividade máxima. FARINELLI et al. (2006), com a mesma cultivar de feijão, semeada em 18/12/03, sob sucessão a aveia preta (outono-inverno) e milho (primavera) relataram resposta linear para as doses de N (até 160 kg ha^{-1} de N) no SPD, e quadrática no preparo convencional, onde somente seria alcançada a máxima produtividade com a aplicação de 185 kg ha^{-1} de N em cobertura. Porém, SILVA et al. (2006) concluíram que a aplicação de doses crescentes de N em cobertura até 120 kg ha^{-1} não aumentou a produtividade do feijoeiro em sucessão ao milho no SPD. MEIRA et al. (2005) relataram que a produtividade da cultivar IAC Carioca, semeada no outono, após a cultura do arroz, não foi influenciada pelas épocas de aplicação de N, contudo, seu máximo valor foi obtido com 164 kg ha^{-1} de N em cobertura no SPD.

GOMES JUNIOR et al. (2008) aplicando cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1} , fonte uréia), em duas épocas da fase vegetativa (terceira e sexta folha trifoliolada) em duas cultivares (Pérola e IPR Juriti) no SPD sobre palhada de milho, milho e braquiária, não verificaram diferença na produtividade do feijoeiro quanto ao fracionamento da aplicação do N, porém esta característica sofreu aumento linear em função das doses de N em SPD sobre palhada de milho para ambas cultivares.

De acordo com SILVA & SILVEIRA (2000) os sistemas agrícolas também influenciam as respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada. SORATTO et al. (2004) trabalhando em sistema irrigado, relataram que o incremento na dose de N em cobertura (0 a 210 kg ha^{-1} de N) aumentou o fator de utilização do elemento para a cultivar IAC Carioca tanto no plantio direto quanto no preparo convencional. Porém, o maior incremento observado na produtividade ocorreu no SPD.

FORNASIERI FILHO et al. (2007) estudando adubação nitrogenada no SPD no feijoeiro irrigado (safra de inverno) em sucessão ao milheto, verificaram que a cultivar Pérola apresentou maior eficiência agronômica no uso do N em relação a cultivar IAC Una. A eficiência agronômica diminuiu à medida que as doses de N aumentaram, sendo que, na dose de 50 kg ha⁻¹ em cobertura, o incremento de kg de grãos de feijão por kg de N aplicado foi maior para as cultivares nos dois anos de experimentação.

ARF et al. (2008) em cultivo de feijoeiro irrigado em SPD verificaram no segundo ano de experimentação que houve diferença na produtividade da cultivar Pérola em razão da aplicação de doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), onde os dados ajustaram à uma função linear, com aumento de 5,6 kg de grãos para cada kg de N aplicado em cobertura e a dose de 125 kg ha⁻¹ de N proporcionou incremento de 796 kg ha⁻¹ em relação a não aplicação, ou seja, 57% de aumento na produtividade.

Em trabalho envolvendo eficiência de uso de N em 100 linhagens de feijoeiro, FURTINI et al. (2006) concluíram que na média dos quatro ambientes, a produtividade de grãos obtida com N (40 kg ha⁻¹) foi 12% acima da obtida sem a aplicação de N e, apenas 22 linhagens responderam positivamente à adubação nitrogenada e, entre elas, a eficiência na utilização de N variou de 11,3 a 18,3 kg de grãos por kg de N aplicado.

SANTOS & FAGERIA (2007) verificaram diversidade na eficiência de uso de N entre as cultivares BRS Pontal, BRS Valente, BRS Grafite, BRS Radiante e Jalo Precoce, utilizando diferentes manejos da adubação nitrogenada, com a dose de 90 kg ha⁻¹ de N, variando de 6 kg (Jalo Precoce) a 20 kg (BRS Pontal) de grãos de feijão por kg de N aplicado.

Em relação à questão alimentar e nutricional da população brasileira, o feijão apresenta características que tornam seu consumo vantajoso, em virtude de seu alto teor protéico e energético, além dos efeitos benéficos proporcionados pelo seu elevado teor de fibras, ferro e outros minerais, carboidratos e presença de vitaminas do complexo B (BORÉM & CARNEIRO, 2006).

O feijão está entre os poucos alimentos integrais que contêm significativa quantidade tanto de fibra solúvel quanto de insolúvel, sendo considerado um alimento funcional. A qualidade nutricional dos grãos de feijão deve-se ao seu alto conteúdo

protéico, sobretudo, alto teor de lisina, complementando a deficiência deste aminoácido em proteínas presentes nos cereais, como arroz ou milho (RIBEIRO et al. 2007a). Assim, a combinação do feijão com arroz, apresenta-se como principal fonte protéica de origem vegetal, sendo base alimentar da população brasileira.

A qualidade nutricional do feijão também aumenta com o cozimento, tornando a textura macia e agradável; produzindo o gosto característico do feijão cozido; eliminando a toxidez, principalmente pela desnaturação de proteínas tóxicas; geleifica o amido, resultando em melhoria da textura e produção de caldo viscoso; aumenta a digestibilidade das proteínas e dos carboidratos (BRESSANI, 1989; SARTORI, 1996). O tempo para cozimento depende de vários fatores como espécie, cultivar, cor do tegumento, épocas de semeadura, tempo decorrido desde a colheita, condições de estocagem dos grãos e modo de preparo (CHIARADIA & GOMES, 1997).

A porcentagem de proteína bruta nos grãos de feijão pode variar de 16 a 33% (GUZMÁN-MALDONADO & PAREDE-LÓPEZ, 1998). As principais frações protéicas solúveis são as globulinas (faseolina e fitohemaglutinina) e as albuminas, cujos conteúdos variam entre 33,5 a 81% e 12 a 52,4%, respectivamente, da proteína total dos grãos de feijão (DESHPANDE & NIELSEN, 1987) e segundo LAJOLO et al. (1996), essas variações provavelmente ocorrem devido às diferenças entre cultivares, além dos variados níveis de fertilidade do solo em que o feijoeiro é cultivado.

Os principais parâmetros que norteiam as características tecnológicas dos grãos de feijão são o tamanho, formato e coloração do tegumento; conteúdo protéico e o balanço em aminoácidos de sua proteína; tempo para cozimento e a capacidade de hidratação, sendo determinados pelo genótipo e influenciados pelo efeito do ambiente durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. No entanto, ocorre influência do ambiente e da interação genótipo por ambiente nos caracteres relacionados com a qualidade nutricional de grãos de feijão (DALLA CORTE et al., 2003; CARBONELL et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RAMOS JUNIOR et al., 2005).

O conteúdo de proteína nos grãos de feijão é inversamente proporcional à produtividade de grãos, ou seja, à medida que a produção de grãos aumenta, o seu conteúdo de proteína diminui, e vice-versa (POMPEU, 1993; FARINELLI et al., 2006).

No entanto, em relação ao ambiente de cultivo, no sistema de plantio direto, podem ocorrer modificações na dinâmica do N no solo, decorrente da ação de fatores bióticos e abióticos, alterando os processos do seu aproveitamento pelas plantas, de maneira diferenciada em relação ao sistema convencional. O N absorvido pelas plantas combina com esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais; na fase de enchimento de grãos estas reservas são quebradas, translocadas e armazenadas nestes órgãos, na forma de proteínas e aminoácidos (MARSCHNER, 1995; PRADO, 2008). A adubação nitrogenada além de promover acréscimos na produtividade, também pode ser uma alternativa para aumentar o teor protéico em grãos de feijão (SILVA et al., 2006; FARINELLI & LEMOS, 2010).

CARELLI et al. (1981) verificaram que a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N ocasionou aumento de 27,8%, 20,7% e 28,1% no teor de N total, no N protéico e no N não protéico, respectivamente, quando comparado com o tratamento testemunha. Em outro trabalho, CARELLI et al. (1982) obtiveram resposta linear com a adubação nitrogenada em cobertura nas cultivares Aroana, Carioca e Rico-23, havendo acréscimos de 8,0% a 18,5% no teor de proteína das sementes nas doses aplicadas de 50 a 100 kg ha^{-1} de N.

Resultado semelhante também foi obtido por SILVA et al. (1989) onde a máxima porcentagem de proteína bruta, com valor de 23%, foi estabelecida com a dose de 100 kg ha^{-1} de N. BORDIN et al. (2003), com a cultivar Pérola no período de inverno, obtiveram valor de 24,1% com o emprego de 75 kg ha^{-1} de N. GOMES JUNIOR et al. (2005b) verificaram que a aplicação de 40 kg ha^{-1} de N em cobertura proporcionou maior acúmulo de proteína bruta, quando realizada em estádios fenológicos mais avançados do desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro (cultivar IAC Carioca).

Com relação aos componentes tecnológicos, especialmente quanto ao tempo para cozimento e a capacidade de hidratação dos grãos, verifica-se que são escassos os trabalhos científicos relacionando a influência de sistemas de manejos de solo e uso de fertilizantes. Um dos poucos trabalhos realizado nessa linha de pesquisa foi feito por SILVA et al. (2006), onde avaliaram o efeito da adubação com N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1}) e Mo via foliar (0 e 80 g ha^{-1}) na produtividade e nas características

tecnológicas dos grãos de feijão da cultivar Pérola no SPD. A adubação nitrogenada em cobertura e de molibdênio via foliar não influenciaram a produtividade, mas interferiram na característica tecnológica dos grãos de feijão. O teor de proteína bruta, o tempo para cozimento e o tempo para a máxima hidratação dos grãos aumentaram com as doses de N em cobertura. O tempo para cozimento foi maior à medida que houve incremento de N aplicado em cobertura com uso de molibdênio via foliar. O uso de molibdênio via foliar proporcionou o menor tempo para a máxima hidratação de grãos.

Em outro trabalho FARINELLI & LEMOS (2010) verificaram a influência tipos de manejos de solo (preparo convencional e plantio direto) e N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, fonte uréia) na produtividade e nas características tecnológicas dos grãos, feijoeiro cultivar Pérola. A adubação nitrogenada promoveu acréscimo no teor de proteína bruta, sendo que os sistemas de manejos de solo e as doses de N em cobertura influenciam diferentemente no tempo para cozimento. Para os dois sistemas de manejo de solo, a aplicação de doses de N em cobertura resultou aumento no tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão até a quantidade de 120 kg ha⁻¹ de N.

Dessa forma, a obtenção de informações técnicas visando não somente o acréscimo do potencial produtivo, mas sua associação com as características tecnológicas dos grãos de feijão devem ser preconizadas, com destaque para o teor protéico, tempo para cozimento e capacidade de hidratação (CARBONELL et al., 2003; RIOS et al., 2003; RODRIGUES et al., 2005). A difusão de informações referentes às características tecnológicas do produto feijão pode resultar em aumento da utilização e do consumo, tanto “in natura” quanto industrializado, promovendo ainda maior competitividade e sustentabilidade da cadeia produtiva do feijoeiro no agronegócio nacional (FARINELLI & LEMOS, 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Jaboticabal–SP, situado na latitude de 21° 14' 33" S e longitude de 48° 17' 10" W, a altitude média de 565 metros acima do nível do mar, com clima do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno,

em Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2006) possuindo em sua camada de 0 a 20 cm de profundidade 533 g kg⁻¹ de argila, 193 g kg⁻¹ de silte e 274 g kg⁻¹ de areia total, caracterizando-se como textura muito argilosa, com relevo suave e ondulado.

A área experimental encontra-se no SPD desde o verão de 2008. Em dezembro de 2009 deu-se início a instalação de três sistemas de cultivo ou de sucessão sendo: sistema 1 (S1), cultivo de milho no verão em sucessão com o feijoeiro semeado em agosto sob irrigação (sucessão de culturas produtoras de grãos); sistema 2 (S2), cultivo de milho consorciado com braquiária (consórcio de cultura anual com forrageira) no verão em sucessão com o feijoeiro semeado em agosto sob irrigação e sistema 3 (S3), cultivo de braquiária no verão em sucessão com o feijoeiro semeado em agosto sob irrigação (sucessão anual de forrageira com cultura anual). O S1 simulou a produção intensiva de grãos e o S2, a ILP, porém objetivando formação de palhada. O S3 objetivou simular a ILP com a produção da forrageira no verão e a produção de grãos sob irrigação.

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com três repetições, constituídos por três sistemas de cultivo ou de sucessão de culturas e cinco doses de N. Os tratamentos principais foram representados por três sistemas de cultivo de verão (safra 2009/10) formados por milho exclusivo, milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva, antecedendo o cultivo do feijoeiro. Os tratamentos secundários consistiram-se de cinco doses de N aplicadas em cobertura na cultura do feijoeiro, sendo 0 (sem aplicação), 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹, utilizando-se como fonte a uréia. A dose de 80 kg de N ha⁻¹ em cobertura refere-se à classe de resposta alta em razão de ser cultura irrigada e cultivo após gramíneas, seguindo recomendações de AMBROSANO et al. (1997). As adubações de cobertura foram aplicadas em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura sem incorporação, efetuadas no início do estágio fenológico V₄₋₄, caracterizado pela presença da quarta folha trifoliolada completamente aberta em 50% das plantas, seguida de irrigação com lâmina de água de 10 mm. Cada subparcela foi constituída por 6 linhas de feijoeiro com 5m de comprimento, espaçadas em 0,45m, sendo

consideradas úteis as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

As culturas utilizadas no verão, milho exclusivo, milho consorciado com braquiária e braquiária exclusiva, foram semeadas em 17/12/2009. Em relação às condições climáticas ocorridas durante os cultivos de verão nota-se que um grande volume de chuva, principalmente nos primeiros dias do mês de dezembro (Figura 1), acarretou no atraso na semeadura.

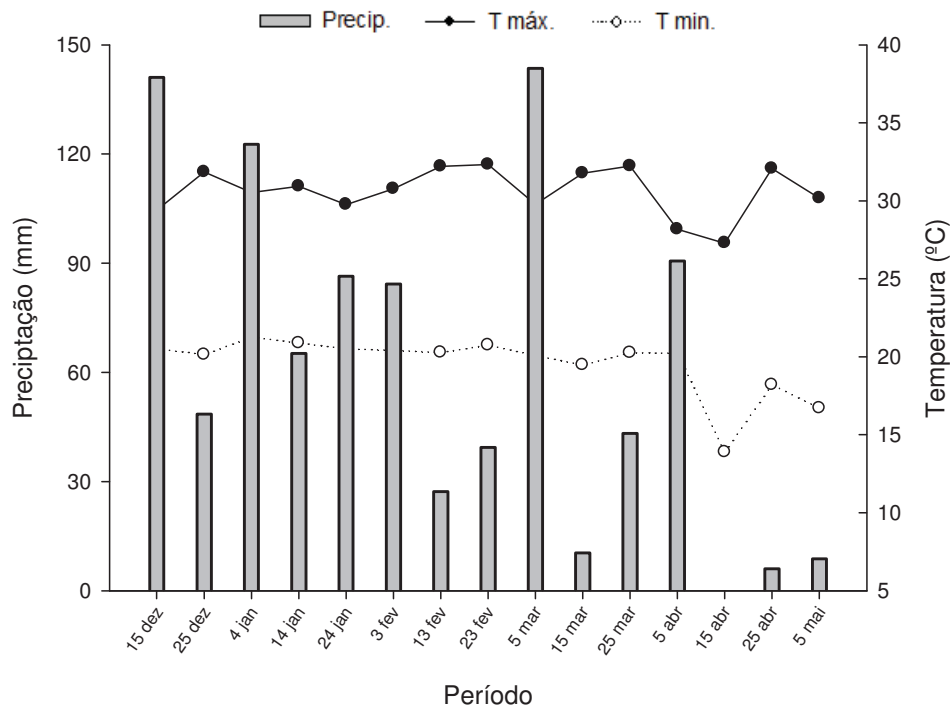


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, média de cada dez dias, durante o período de dezembro de 2009 a maio de 2010, referente ao desenvolvimento das culturas de verão, milho e braquiária. Fonte: Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP.

Na cultura do milho foi utilizado o híbrido de ciclo precoce DKB 390 YG, no espaçamento de 0,90 m entre linhas, com densidade populacional estimada de 60.000 plantas por ha. Realizou-se a fertilização de semeadura constituída de 28 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O. Na adubação de cobertura foram utilizados 120 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia, no estágio de desenvolvimento V₆, sem

incorporação e com aplicação de 15 mm de água logo após a adubação. A cultura do milho exclusivo e consorciado com braquiária foi colhida em 05/05/10. A espécie forrageira empregada foi a *B. ruziziensis* que apresenta crescimento subereto e os colmos com a base decumbente emitindo raízes nos nós em contato com o solo. No sistema de cultivo com milho consorciado com braquiária, a forrageira foi semeada em fileira dupla aplicando-se valor cultural de 400 pontos, equivalendo-se a 7,5 kg de sementes por ha, e com 0,45 m entre linhas quando semeada exclusivamente.

Em razão do acamamento da forrageira, o sistema de cultivo com *B. ruziziensis* exclusiva foi manejado aos 60 e 120 dias após a emergência das plântulas (DAE), com desintegrador de plantas mecânico tipo triton. Vinte dias antes da semeadura do feijoeiro, realizou-se a aplicação de glifosato (1.440 g i.a. ha⁻¹) em toda área experimental.

A análise química do solo foi realizada de acordo com RAIJ & QUAGGIO (1983) e os resultados obtidos antes da instalação do feijoeiro, na profundidade de 0-20 cm, foram os seguintes: 55 mg dm⁻³ de P (resina); 19 g kg⁻¹ de M.O.; 5,2 de pH (Ca Cl₂); 6 mmol_c dm⁻³ de K; 27 mmol_c dm⁻³ de Ca; 11 mmol_c dm⁻³ de Mg; 34 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 78 mmol_c dm⁻³ de CTC e 57% de saturação por bases.

A semeadura do feijoeiro foi realizada em 19 de agosto de 2010, utilizando a cultivar IPR Juriti pertencente ao grupo comercial carioca, com ciclo de 89 dias, hábito de crescimento indeterminado tipo II, porte ereto, adaptação a colheita mecânica, alto potencial de rendimento, moderadamente tolerante ao crestamento bacteriano comum, suscetível à antracnose e resistente ao mosaico comum, oídio e à ferrugem (MODA-CIRINO et al., 2003). Foram distribuídas mecanicamente 12 sementes viáveis por metro, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. As sementes receberam tratamento químico com thiametoxam (140 g i.a./100 kg de sementes) e carbensazim + thiram (45 + 105 g i.a./100 kg de sementes). Na adubação de semeadura, aplicaram-se 245 kg ha⁻¹ da fórmula 02-20-20, ou seja, 4,9 kg de N, 49 kg de P₂O₅ e 49 kg de K₂O por hectare.

Em geral, as plântulas emergiram aos nove dias após a semeadura, sendo que a cultura do feijoeiro foi mantida em regime de irrigação por aspersão convencional, com turno de rega de 4 a 6 dias, utilizando-se 10 a 50 mm de lâmina de água por turno,

dependendo da fase de desenvolvimento da cultura do feijoeiro, visando atender o sistema solo-planta. No momento da semeadura do feijoeiro a temperatura apresentou-se crescente, mantendo-se em média 23°C ao longo do ciclo do feijoeiro. A precipitação pluvial ocorreu com maior intensidade a partir do período coincidente com o florescimento do feijoeiro, porém observa-se a ocorrência de chuva no momento da colheita (Figura 2).

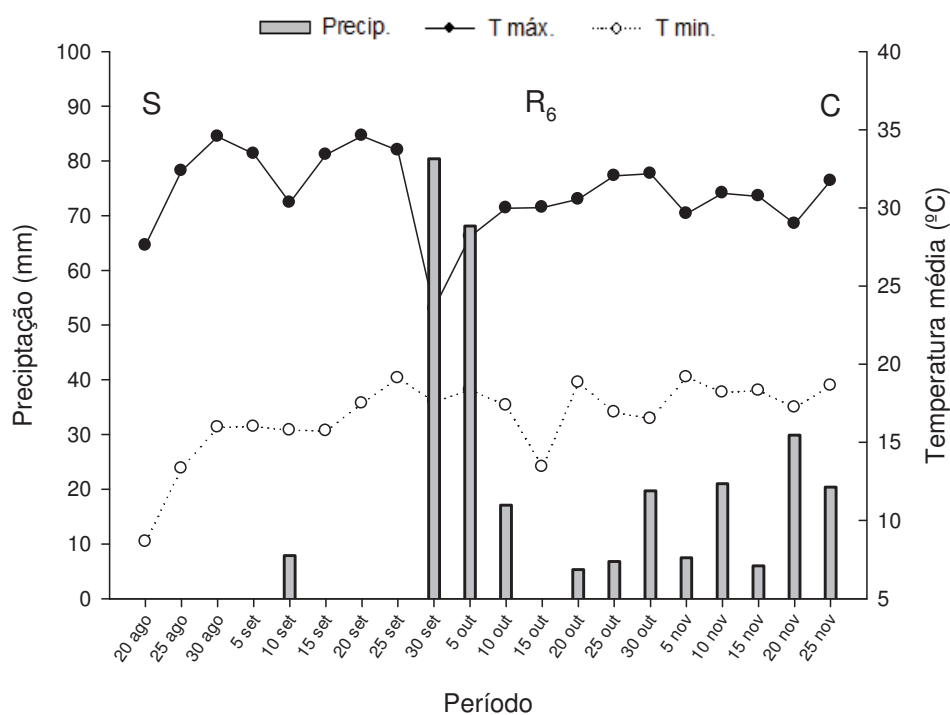


Figura 2. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, média de cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento do feijoeiro. Fonte: Estação Agroclimatológica do Campus da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP. S = semeadura (19/08/10), R₆ = florescimento pleno (19/10/10) e C = colheita do feijoeiro (26/11/10).

Aos 15 DAE do feijoeiro, realizou-se aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl (75 g i.a. ha⁻¹). O controle de pragas e doenças foi realizado com aplicações de azoxystrobin (40 g i.a. ha⁻¹), lambda-cialotrina (30 g i.a. ha⁻¹) e abamectina (5,4 g i.a. ha⁻¹) entre 20 e 25 DAE, tiametoxam (14,1 g i.a. ha⁻¹) e lambda-cialotrina (10,6 g i.a. ha⁻¹) aos 40 DAE e aos 65 DAE foram aplicados piraclostrobina (75 g i.a. ha⁻¹), deltametrina (3,5 g i.a. ha⁻¹) e triazofós (122 g i.a. ha⁻¹). Aos 85 DAE, realizou-se aplicação de dessecante paraquat

(120 g i.a ha⁻¹), e 5 dias após, fez-se o arranquio manual das plantas presentes na área útil em cada subparcela, seguindo de trilha mecanizada.

Na cultura do milho exclusivo e consorciado foram realizadas as seguintes avaliações:

Altura de plantas e de inserção da espiga principal - ao final do ciclo da cultura realizou-se a mensuração da altura das plantas e da altura de inserção da espiga principal de dez plantas da linha central de cada subparcela, desde o nível do solo à folha bandeira e desde o nível do solo à inserção da espiga principal da planta, respectivamente, pelo auxílio de uma régua graduada;

Diâmetro do colmo - considerou-se o diâmetro do segundo entrenó, a partir da base de dez plantas por subparcela, dentro da área útil, por ocasião da colheita, o qual foi mensurado com uso de paquímetro digital;

Produtividade de grãos - foi estimada coletando-se todas as espigas presentes em duas linhas de cada subparcela. Os valores foram corrigidos a 0,13 kg kg⁻¹, considerando-se umidade em base úmida (b.u.), determinado por meio do método da estufa a 105°C ± 3°C por 24 horas (BRASIL, 2009).

Dez dias antes da semeadura do feijoeiro foram realizadas as seguintes avaliações:

Cobertura morta no solo - foi realizada aos 10 dias após o manejo químico da área experimental, porém 10 dias antes da semeadura do feijoeiro, sendo avaliada a porcentagem de recobrimento do solo pela fitomassa ou palhada, utilizando a metodologia de LAFLEN et al. (1981);

Quantidade de palhada (t ha⁻¹) - os resíduos vegetais remanescentes das espécies cultivadas no verão foram coletados em três subamostras de 0,25m² da área útil de cada subparcela, lavados em água deionizada e submetidos à secagem em estufa a 60°C até atingir peso constante, estimando-se a quantidade de palhada (t ha⁻¹);

Teor de N na palhada (g kg⁻¹) – após a determinação da quantidade de palhada produzida, subamostras do material foram moídas e submetidas à análises laboratoriais

para a obtenção do teor de N, de acordo com a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

Na cultura do feijoeiro foram realizadas as seguintes determinações relacionadas ao desempenho agrônômico e produtivo:

População inicial e final - foram realizadas contagens de plântulas após emergência (V_2) e de plantas por ocasião da colheita (R_9), de duas linhas centrais na área útil de cada subparcela, cujos valores foram utilizados para a obtenção do número de plantas correspondentes a um hectare;

Medida indireta do teor de clorofila - durante a fase de florescimento pleno do feijoeiro (R_6), realizou-se a leitura indireta de clorofila, com o aparelho Minolta SPAD-502, no terceiro trifólio do terço médio, sendo feitas três leituras na região mediana em cada folíolo, em trinta plantas por subparcela. Os dados de leitura (x) foram transformados em teor de clorofila, ou seja, y (mg dm^{-2}) pela equação $y = -0,152 + 0,0996x$ (BARNES et al., 1992);

Teor de N foliar (g kg^{-1}) - na área útil de cada subparcela foram retiradas a terceira folha trifoliolada do terço médio de trinta plantas em R_6 (AMBROSANO et al., 1997), acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , por 72 horas, moídas e submetidas à análises laboratoriais para a obtenção do teor de N, de acordo com metodologia de BATAGLIA et al. (1983);

Número de trifólios – retirou-se cinco plantas em R_6 em uma linha de cultivo em cada subparcela e determinou-se o número de trifólios completamente desenvolvidos;

Componentes de produção - foram determinados a partir da coleta de dez plantas consecutivas na linha central da área útil de cada subparcela por ocasião da maturidade fisiológica (R_9); avaliando-se o **número de vagens por planta** - relação entre número total de vagens e o número total de plantas coletadas (10 plantas); **número de grãos por vagem** - relação entre número total de grãos e o número total de vagens (10 plantas) e **massa de 100 grãos (g)** - determinada pela coleta e contagem de 4 amostras de 100 grãos por subparcela experimental, seguida por pesagens com transformação dos resultados a $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$ (b.u.) de acordo com BRASIL (2009);

Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) - foi obtida pelo arranquio manual das plantas em três linhas de cada subparcela e posterior trilha mecânica, corrigindo-se a umidade para $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$ (b.u.) de acordo com BRASIL (2009);

Eficiência agrônômica - foi determinada seguindo método de FAGERIA & BALIGAR (2005), por meio do cálculo da eficiência agrônômica (EA), utilizando-se a fórmula $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QN_a)$, expressa em kg kg^{-1} , em que PG_{cf} é a produção de grãos com fertilizante nitrogenado; PG_{sf} é a produção de grãos sem fertilizante nitrogenado; e QN_a é a quantidade de N aplicado em kg.

Após a colheita do feijoeiro, amostras de grãos de cada subparcela foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas por 30 dias em câmara seca a temperatura de 25°C e umidade relativa de 40%. Após esse período foram realizadas as avaliações referentes às características tecnológicas dos grãos de feijão:

Renda de benefício - os grãos colhidos foram classificados em tamanho pela passagem em conjunto de peneiras de crivos oblongos $10/64'' \times 3/4$ ($3,97 \times 19,05 \text{ mm}$), $11/64'' \times 3/4$ ($4,37 \times 19,05 \text{ mm}$), $12/64'' \times 3/4$ ($4,76 \times 19,05 \text{ mm}$), $13/64'' \times 3/4$ ($5,16 \times 19,05 \text{ mm}$), $14/64'' \times 3/4$ ($5,56 \times 19,05 \text{ mm}$) e $15/64'' \times 3/4$ ($5,96 \times 19,05 \text{ mm}$) em agitação por um minuto. O percentual de grãos foi calculado através da relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso da amostra total de cada repetição. Após a determinação da renda de benefício as amostras de grãos de feijão da peneira de furos oblongos $12/64 \times 3/4''$ ($4,76 \times 19,05 \text{ mm}$) foram utilizadas para a determinação dos demais componentes tecnológicos;

Teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) - determinado por meio do cálculo: $PB = N \text{ total} \times 6,25$ onde, PB = teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) e $N \text{ total}$ = teor de N nos grãos, obtido de acordo com metodologia de BATAGLIA et al. (1983);

Tempo para cozimento (minutos) – foi realizado com o auxílio do cozedor de Mattson, descrito por DURIGAN (1979), que consta basicamente de 25 estiletos verticais terminados em ponta de $1/16''$. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão encontra-se cozido a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando $50\% + 1$, ou seja,

com 14 estiletos deslocados. Para essa determinação os grãos foram hidratados em água destilada durante um período de 12 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96°C. Em função do tempo para cozimento foi verificado o nível de resistência dos grãos ao cozimento, adotando-se a escala de PROCTOR & WATTS (1987), descrita na Tabela 1;

Tabela 1. Valores de referência para o tempo de cozimento no feijão¹.

Tempo para cozimento (minutos)	Nível de resistência ao cozimento
16 <	muito suscetível
16 – 20	suscetibilidade média
21 – 28	resistência normal
29 – 32	resistência média
33 – 36	Resistente
36 >	muito resistente

¹ Fonte: PROCTOR & WATTS (1987).

Capacidade de hidratação – foi determinada por meio da metodologia descrita por DURIGAN (1979), que consiste na utilização de uma proveta graduada com capacidade de 500 mL e precisão de 5 mL, béqueres com capacidade de 250 mL. Em cada béquer foi colocada uma amostra de 50 gramas de grãos previamente escolhidos, adicionando-se 200 mL de água destilada. De hora em hora num intervalo de 12 horas foram feitas avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo-a do béquer para a proveta. Ao final do tempo previsto para a hidratação a água em excesso foi drenada e os grãos pesados. Não foram detectados grãos com casca dura. A relação de hidratação foi determinada pela razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos. Foi aplicado o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), visando determinar o tempo necessário à máxima hidratação dos grãos de feijão. Durante a condução do teste a temperatura da água foi de 25°C.

Também foi realizado a análise econômica simples das doses de N aplicadas em cobertura na cultura do feijoeiro de acordo com o método descrito por BINOTTI et al. (2009), considerando-se R\$ 1.186,49 a tonelada de uréia utilizada em agosto de 2010, na época de semeadura do experimento (IEA, 2011), e o custo de R\$ 30,07 ha⁻¹ para a aplicação em cobertura, quando realizada (AGRIANUAL, 2010). Com base na produtividade média de grãos em cada tratamento, calculou-se o acréscimo de produtividade proporcionado em relação à testemunha (sem N). Calculou-se o valor da produção correspondente àquele acréscimo de produtividade e a respectiva margem bruta de ganho com cada dose de N utilizada, com base no preço de R\$ 87,50 por saca de 60 kg do feijão carioca, comercializado em São Paulo (SP), no dia 30 de novembro de 2010 e com base no preço médio de R\$ 119,50 por saca de 60 kg do feijão carioca, comercializado em São Paulo (SP), mês de novembro de 2010 (IEA, 2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As causas da variação e graus de liberdade estão apresentadas na Tabela 2. Os efeitos significativos para doses de N e da interação sistemas de cultivo x dose de N foram avaliados por meio de análise de regressão polinomial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados referente à altura de plantas e inserção da espiga principal do milho não evidenciou diferença estatística pelo teste F, consorciado ou não com *B. ruziziensis*, sendo superior a 1,40 metros. Ocorreu redução no diâmetro de colmo de plantas de milho consorciado, uma vez que a competição interespecífica pode resultar em plantas com colmos mais finos e com menor ganho de matéria seca, pois se trata de uma estrutura destinada ao armazenamento de fotoassimilados sujeitos ao translocamento à espiga (Tabela 2).

Quanto à produtividade de grãos na cultura do milho, não ocorreu competição no seu cultivo em consórcio com *B. ruziziensis*. A diferença entre a produtividade de grãos de milho cultivado em consórcio com *B. ruziziensis* em relação ao cultivo exclusivo não

foi significativa (Tabela 2), corroborando com os resultados de LARA-CABEZAS & PÁDUA (2007). Estes resultados evidenciam a possibilidade do consórcio simultâneo de braquiárias com a cultura do milho em plantio direto, podendo ainda suplantar a prática da ILP, conforme indicações de NOCE et al. (2008).

Tabela 2. Altura de plantas, altura de inserção da espiga principal, diâmetro do colmo e produtividade de grãos de milho exclusivo e consorciado com *B. ruziziensis* cultivados no verão 2009/10 em Jaboticabal - SP.

Tratamentos	Altura de plantas	Altura de inserção da espiga principal	Diâmetro de colmo	Produtividade de grãos
	----- m -----	----- m -----	----- mm -----	----- t ha ⁻¹ -----
Sistemas de cultivo				
Milho	2,29	1,45	21,9 a	7,3
Milho + Braquiária	2,27	1,43	20,4 b	7,0
CV (%)	3,0	1,5	2,7	13,7
Teste F	1,94 ^{ns}	6,92 ^{ns}	50,51*	0,77 ^{ns}

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% e ns - não significativo pelo teste F.

Ocorreram diferenças entre os sistemas de cultivo para porcentagem de cobertura morta, quantidade de palhada na superfície do solo e teor de N na palhada, com maiores valores para braquiária exclusiva e no consórcio de milho com braquiária (Tabela 3). A quantidade de palhada produzida no sistema com braquiária exclusiva foi semelhante aos apresentados por GOMES JUNIOR et al. (2008) de 12,3 t ha⁻¹ (*B. brizantha*) mesmo com a antecipação do manejo mecânico da forrageira.

No SPD, a cobertura do solo deve ser priorizada, de modo que a sucessão de culturas proporcione elevada produção de palhada com elevada relação C/N. Em relação ao teor de N na palhada, *B. ruziziensis* apresentou o maior valor em relação ao milho, conferindo à palhada proveniente do cultivo consorciado valor intermediário (Tabela 3). De acordo com KLUTHCOUSKI et al. (2003), as espécies vegetais com diferentes relações C/N, podem interferir na permanência de palhadas na superfície do solo. Neste caso, a palhada de milho e da braquiária por apresentarem relação C/N de

50 a 54 e de 21 a 35 (WUTKE & De MARIA, 2005; ROSOLEM et al., 2010) podem contribuir para a manutenção de cobertura morta na superfície do solo, bem como para a ciclagem de N quando aplicadas à sistemas de cultivo em sucessão.

Tabela 3. Cobertura morta no solo, quantidade de palhada e teor de N na palhada (Nt palhada) das culturas de milho exclusivo, consórcio milho + *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva antes da semeadura do feijoeiro, em Jaboticabal - SP, 2010.

Tratamentos	Cobertura morta	Quantidade de palhada	Nt palhada
	-----% -----	----- t ha ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----
Sistemas de cultivo			
Milho	78 b	8,0 b	5,7 c
Milho + Braquiária	100 a	10,7 a	7,1 b
<i>B. ruziziensis</i>	100 a	11,3 a	10,5 a
CV (%)	6,2	24,3	13,4
Teste F	74,07*	7,43**	84,86**

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. *, ** significativo a 5 e 1% respectivamente pelo teste F.

Nos sistemas de cultivo com braquiária exclusiva e no consórcio de milho com braquiária obteve-se população inicial de plantas de feijoeiro menor que no sistema com milho exclusivo (Tabela 4). A população final de plantas de feijoeiro não apresentou diferenças entre os sistemas de cultivo, entretanto ocorreu redução entre as populações inicial e final para os três sistemas de cultivo estudados. A menor queda foi observada no sistema de cultivo em que o consórcio milho com braquiária foi empregado (11,9%), enquanto que nos demais sistemas exclusivos, a redução ficou entre 13,6 e 13,5% para milho e braquiária, respectivamente.

De acordo com KLUTHCOUSKI et al. (2007) a presença de palhada na superfície do solo beneficia o cultivo em sucessão, principalmente em função da melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo; assim como do aumento da capacidade de armazenamento de água e melhoria da cobertura em sua superfície. Assim, pode-se inferir que a menor quantidade de palhada no sistema contendo milho exclusivo favoreceu a ocorrência de maior variação da temperatura e menor

armazenamento de água no solo em comparação aos sistemas contendo palhada de braquiária, seja em cultivo exclusivo ou consorciado.

Tabela 4. População inicial em V₂ e final em R₉, teor de clorofila, teor de nitrogênio foliar e número de trifólios no florescimento do feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão à milho exclusivo, consórcio milho + *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal - SP, 2010.

Tratamentos	População inicial ---- mil plantas ha ⁻¹ ----	População final -----	Teor de clorofila -- mg dm ⁻² --	Teor de N foliar -- g kg ⁻¹ --	Trifólios ---- n ^o ----
Sistemas de cultivo (S)					
Milho	233 a	201	4,1	31,8 b	27,7 b
Milho + Braquiária	202 b	178	3,8	36,8 a	28,4 b
<i>B. ruziziensis</i>	201 b	174	4,0	38,3 a	30,2 a
CV (%)	10,86	16,38	10,99	9,96	3,45
Doses de N (kg ha ⁻¹)					
0	207	181	4,0	34,2	27,2
40	211	186	3,9	34,8	27,0
80	213	191	4,2	34,3	28,7
120	217	187	3,8	35,5	31,1
160	212	178	3,9	37,2	29,8
CV (%)	6,7	8,0	9,3	5,2	7,4
Teste F					
S	9,03**	3,57 ^{ns}	1,79 ^{ns}	13,43*	26,56**
D	0,62 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,54 ^{ns}	3,43*	6,03*
S x D	1,12 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,88 ^{ns}
Média geral	212	185	3,9	35,2	28,8

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. *, ** significativo a 5 e 1% respectivamente e ns - não significativo pelo teste F.

Esses resultados podem ser explicados pela dificuldade de realizar a semeadura pelo conjunto semeadora-adubadora devido à camada de palhada na superfície do solo produzida pela braquiária como cultura antecessora. Nessas condições, o mecanismo

de corte da semeadora-adubadora pode apresentar reduzida eficácia na abertura da palhada, de modo que as sementes são depositadas no interior da massa vegetal, podendo até germinar, porém, por não haver contato com o solo, as plântulas não se desenvolvem, ocasionando redução na população de plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por GOMES JUNIOR et al. (2008) ao reportarem a dificuldade de semeadura do feijoeiro no SPD em sucessão à braquiária.

Quanto ao teor de clorofila nas folhas do feijoeiro não foram observadas diferenças entre os fatores avaliados; o teor de N foliar variou em função dos sistemas de cultivo, ocorrendo maiores valores quando em sucessão a braquiária exclusiva e ao milho consorciado com braquiária (Tabela 4), sendo ainda influenciado positivamente pelo uso de N em cobertura (Figura 3). Mesmo na ausência de adubação nitrogenada, os teores de N foliar estão dentro da faixa considerada como adequada ao feijoeiro (30 a 50 g kg⁻¹) de acordo com AMBROSANO et al. (1997), possivelmente devido a liberação de N pela degradação da palhada do cultivo antecedente. Pode-se inferir que a medida indireta do teor de clorofila apresentou-se menos sensível para identificar possíveis deficiências de N nas folhas do feijoeiro em relação ao método da análise química (teor de N foliar), contrariando os resultados obtidos por CARVALHO et al. (2003) e SORATTO et al. (2004).

O número de trifólios foi influenciado pelo sistema de cultivo e pelas doses de N aplicadas no feijoeiro. O maior valor para o número de trifólios foi observado no sistema de cultivo com braquiária exclusiva, influenciado possivelmente pela menor população inicial de plantas (Tabela 4), pois o feijoeiro possui a habilidade de compensar os espaços vazios obtendo plantas vigorosas e com maior grau de enfolhamento. Quanto ao efeito de doses de N no número de trifólios do feijoeiro, observou-se comportamento linear crescente (Figura 4). Segundo FAGERIA & BALIGAR (2005) o N promove a rápida expansão da folha, o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética, com ganhos de produtividade de grãos.

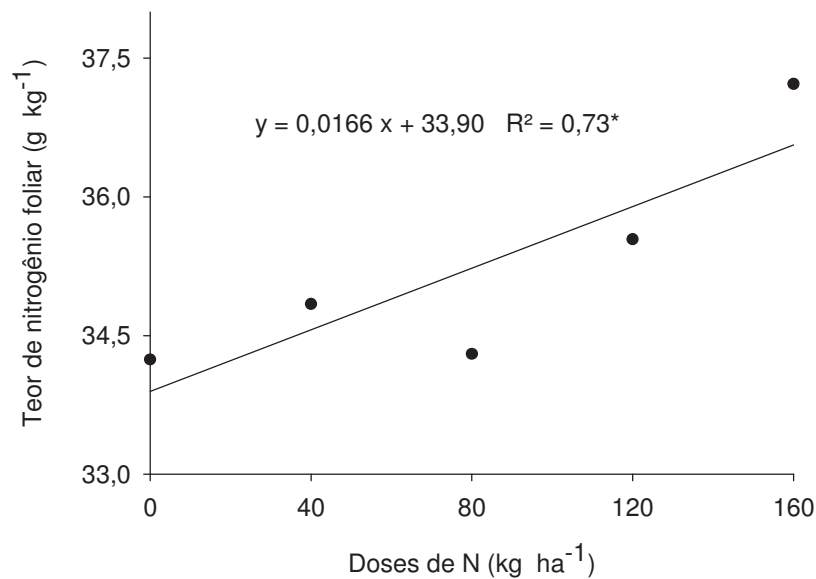


Figura 3. Teor de nitrogênio total foliar em função da aplicação de doses de N em cobertura no feijoeiro, cultivar IPR Juriti, cultivado em sucessão a milho e braquiária em Jaboticabal – SP, 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

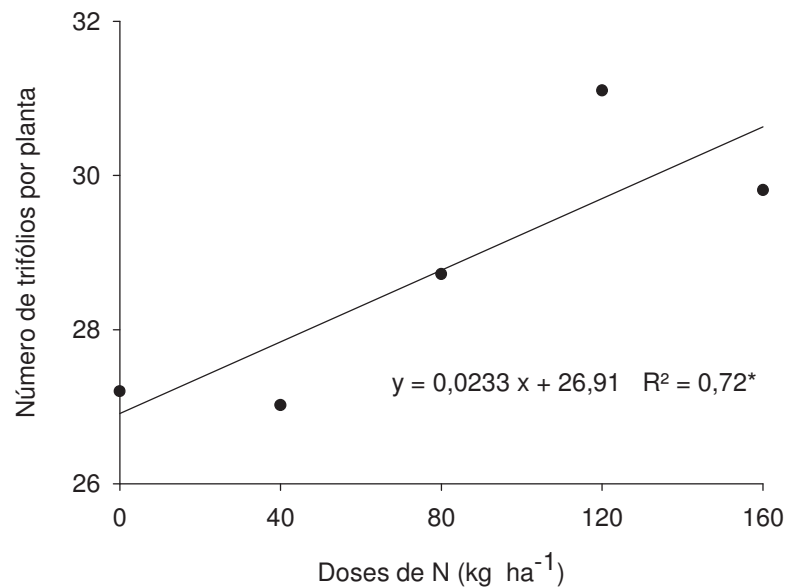


Figura 4. Número de trifólios por planta em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro, cultivar IPR Juriti, cultivado em sucessão a milho e braquiária em Jaboticabal – SP, 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O número de vagens por planta foi influenciado pelo sistema de cultivo e pelas doses de N, ocorrendo ainda interação entre sistemas de cultivo e doses de N (S x D), enquanto que para o número de grãos por vagem ocorreu apenas interação entre os dois fatores estudados (Tabela 5).

Tabela 5. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e eficiência agrônômica do N em feijoeiro, cultivar IPR Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo, consórcio milho + *B. ruziziensis* e *Brachiaria ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal - SP, 2010.

Tratamentos	Número de vagens por planta	Número de grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos	Eficiência agrônômica
	-----	-----	----- g -----	---- kg ha ⁻¹ ---	---- kg kg ⁻¹ ----
Sistemas de cultivo (S)					
Milho	15,5	3,3	26,38	2.816	7,4
Milho + Braquiária	18,5	3,7	26,47	3.025	1,0
<i>B. ruziziensis</i>	20,5	3,9	26,23	3.098	3,4
CV (%)	10,07	11,93	1,17	5,70	46,59
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)					
0	17,0	3,7	26,83	2.693	-
40	17,2	3,7	26,54	2.936	6,1
80	17,6	3,6	26,49	2.909	2,7
120	19,2	3,5	25,93	3.152	3,8
160	19,9	3,7	26,01	3.207	3,2
CV (%)	11,7	7,8	5,3	3,6	24,4
Teste F					
S	28,70 **	5,29 ^{ns}	2,35 ^{ns}	11,12 *	33,77 **
D	3,24 *	1,17 ^{ns}	0,65 ^{ns}	32,46 **	21,44 **
S x D	3,18 *	4,42 **	0,63 ^{ns}	7,65 *	13,97 **
Média geral	18,2	3,6	26,36	2.979	3,95

** , * significativo a 1 e 5%, respectivamente e ns - não significativo pelo teste F.

O desdobramento da interação S x D para o número de vagens por planta e grãos por vagem estão apresentados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. No feijoeiro cultivado após milho e braquiária exclusivos ocorreu comportamento constante para o número de vagens por planta, apresentando valores médios de 15,5 e 20,5, respectivamente. Na área anteriormente cultivada com milho exclusivo as plantas produziram, em média, menos vagens por planta em relação ao feijoeiro cultivado nos demais sistemas de cultivo, independente da dose de N aplicada.

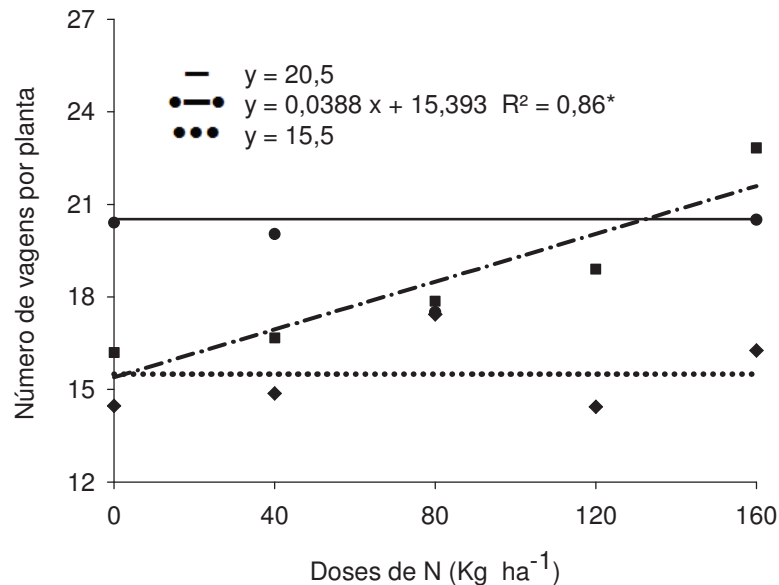


Figura 5. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente ao número de vagens por planta do feijoeiro cultivar IPR-Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo (●●●), milho consorciado com braquiária (●—●) e braquiária exclusiva (—), em Jaboticabal - SP, 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

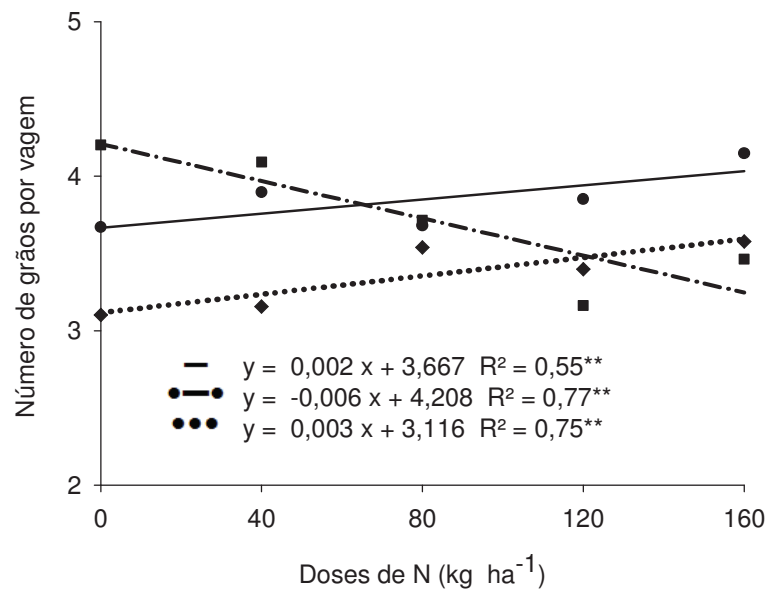


Figura 6. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente ao número de grãos por vagem do feijoeiro cultivar IPR-Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo (●●●), milho consorciado com braquiária (●—●) e braquiária exclusiva (—), em Jaboticabal - SP, 2010. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

No sistema de consórcio entre milho e braquiária, os resultados do número de vagens por planta ajustaram-se ao modelo linear crescente, ou seja, não atingiu o seu máximo até a dose de 160 kg ha^{-1} de N. No entanto, para o número de grãos por vagens observou-se desempenho inverso ao número de vagens por planta, ou seja, esse componente da produção diminuiu com o aumento das doses de N. No feijoeiro cultivado em sucessão à braquiária e milho exclusivos o número de grãos por vagens comportou-se de forma crescente à medida que houve aumento nas doses de N aplicadas, corroborando com os resultados obtidos por ARF et al. (2004). O acréscimo no número de grãos por vagem pode ser atribuído ao fato de que a planta adequadamente nutrida em N torna-se capaz de produzir maior número de óvulos fertilizados por vagem.

A massa de 100 grãos não foi influenciada pelas doses de N aplicadas em cobertura, em nenhum dos sistemas de cultivo avaliados (Tabela 5), demonstrando que não houve restrições quanto a esse nutriente às plantas para a adequada formação e enchimento dos grãos. O mesmo comportamento foi observado por SILVA et al. (2003) e SORATTO et al. (2005).

A produtividade de grãos e a eficiência agrônômica foram influenciadas pelos sistemas de cultivo, doses de N e pela interação S x D (Tabela 5). A produtividade do feijoeiro cultivado após o sistema de cultivo de milho consorciado com braquiária apresentou-se com valores próximos a 3.000 kg ha^{-1} (Figura 7).

Nos cultivos de braquiária e milho exclusivos, a dose de 160 kg ha^{-1} de N não foi suficiente para se atingir a produtividade máxima do feijoeiro, apresentando comportamento linear crescente, porém com maior rendimento para o feijoeiro cultivado após braquiária exclusiva. Deve-se ressaltar que outros autores como MEIRA et al. (2005), SORATTO et al. (2004) e BINOTTI et al. (2009) obtiveram a máxima produtividade de grãos no feijoeiro com doses de 164, 182 e 198 kg ha^{-1} de N em cobertura. A produtividade do feijoeiro cultivado após braquiária exclusiva foi superior ao sistema de cultivo consorciado a partir da dose de 62 kg ha^{-1} de N, enquanto que, no milho exclusivo isto ocorreu após a dose de 120 kg ha^{-1} de N.

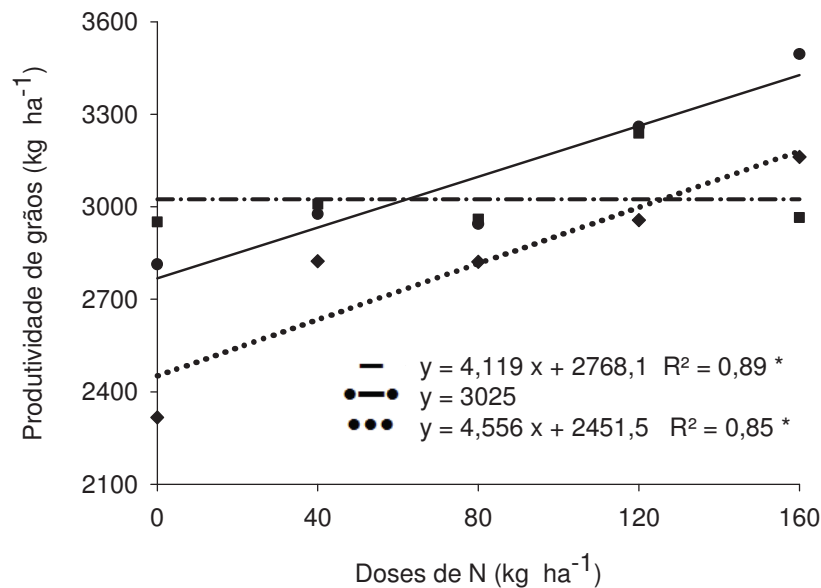


Figura 7. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente à produtividade de grãos do feijoeiro cultivar IPR-Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo (●●●), milho consorciado com braquiária (●—●) e braquiária exclusiva (—), em Jaboticabal - SP, 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

SILVEIRA et al. (2005) mostraram que nas palhadas de braquiária e de milho consorciado com braquiária, a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada foi linear até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. O aumento linear na produtividade do feijoeiro com o acréscimo de doses de N, em SPD sobre palhada de milho também foi reportado por GOMES JUNIOR et al. (2008), porém não houve efeitos da aplicação de doses de N na produtividade após o cultivo de braquiária.

Em média a produtividade do feijoeiro nos diferentes sistemas de cultivo em função das doses de N em cobertura foi de 2.979 kg ha⁻¹ (Tabela 5), e em relação ao teor de N foliar, este variou de 34,2 a 37,2 g kg⁻¹ em função das doses de N (Figura 3). Estes resultados indicam a necessidade de pesquisas relacionadas ao teor de N considerado como adequado ao feijoeiro em cultivos sob SPD em latossolo vermelho, uma vez que os valores da faixa de N adequada indicados por AMBROSANO et al. (1997) são provenientes de pesquisas realizadas em sistema de cultivo convencional.

Em relação à eficiência agrônômica, no sistema de cultivo em que a cultura do milho exclusivo foi antecedente ao feijoeiro, foi obtido o valor de 12,7 kg de feijão por kg de N aplicado mediante a dose de 40 kg ha⁻¹ de N, ocorrendo comportamento decrescente em função das doses de N (Figura 8). No feijoeiro cultivado em sucessão a braquiária exclusiva, a eficiência agrônômica manteve-se constante, apresentando incremento médio de 3,4 kg de grãos por kg de N aplicado. No sistema de cultivo de milho consorciado com braquiária os valores de eficiência agrônômica ficaram em torno de 1 kg de grãos de feijão para cada kg de N aplicado. Diante destes resultados, pode-se relatar que, sob plantio direto, em condições irrigadas e em sucessão, ao cultivo de milho consorciado com *B. ruziziensis* ocorreu menor resposta do feijoeiro à aplicação de N em cobertura, em relação aos demais sistemas de cultivo experimentados.

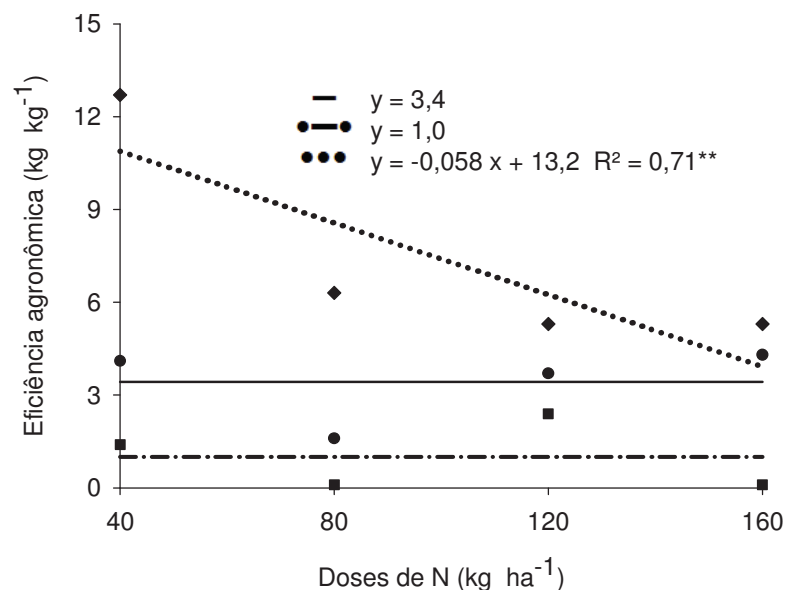


Figura 8. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente à eficiência agrônômica do feijoeiro cultivar IPR-Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo (●●●), milho consorciado com braquiária (●—●) e braquiária exclusiva (—), em Jaboticabal - SP, 2010. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

SANT'ANA et al. (2011), verificaram diminuição na eficiência de uso do N pelo feijoeiro, cultivar BRS Horizonte, obtendo valores entre 23,5 e 3,7 kg de grãos por kg de

N, à medida que houve aumento das doses de N aplicadas em cobertura (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ na forma de uréia), porém em sucessão a milho consorciado com *Brachiaria decumbens*. FARINELLI & LEMOS (2010) encontraram aumento da eficiência agrônômica do feijoeiro, cultivar Pérola, em sucessão a aveia preta e milho no plantio direto com a elevação das doses de N, porém com valores variando de 0,3 a 2,8 kg de feijão por kg de N aplicado. Deve-se ressaltar a necessidade de realização de novas pesquisas visando avaliar a eficiência agrônômica do feijoeiro quanto ao uso de N em razão da mesma variar com a cultivar e sistemas de cultivo ou de produção como foi mostrado também por FURTINI et al. (2006), FORNASIERI FILHO et al. (2007), SANTOS & FAGERIA (2007).

Quanto à classificação dos grãos de feijão por tamanho por meio da renda de benefício com uso de peneiras ocorreram efeitos de sistema de cultivo para grãos retidos no fundo e na peneira número 14. Enquanto que, para o efeito de doses de N foi observada diferença estatística apenas nos grãos retidos na peneira número 12. Ocorrendo ainda interação entre sistemas de sucessão e doses de N para os grãos retidos na peneira 13 (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de F, níveis de significância e coeficiente de variação (CV) dos dados da porcentagem de grãos retidos nas peneiras de beneficiamento, produzidos pelo feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em cobertura em sucessão à milho exclusivo, consórcio de milho + *B. ruziziensis* e *B. ruziziensis* exclusiva, no sistema de plantio direto em Jaboticabal – SP, 2010.

Tratamentos	Fundo	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P12 acima
	(%)							
Sucessão (S)	4,75**	3,38 ^{ns}	5,82 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,95 ^{ns}	9,02*	0,74 ^{ns}	7,47 ^{ns}
CV (%)	27,8	32,5	18,2	18,9	14,4	18,4	51,7	7,8
Dose de N (D)	4,65 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,03*	1,40 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,34 ^{ns}	2,21 ^{ns}
CV (%)	18,4	19,8	13,8	10,6	9,5	12,9	30,8	5,8
S x D	1,67 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,77 ^{ns}	3,05*	1,31 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,18 ^{ns}

*, ** significativo a 5 e 1% respectivamente e ns - não significativo pelo teste F.

As porcentagens de impurezas e grãos de feijão retidos no fundo do conjunto de peneiras quando cultivado sobre a *B. ruziziensis* exclusiva (9,6%) e sobre o milho consorciado com *B. ruziziensis* (10,3%) foram respectivamente 20,6% e 26,6%

inferiores quando comparadas ao cultivo sobre palhada de milho exclusivo (7,6%). Esta informação pode indicar um favorecimento da qualidade pós-colheita, no que se refere a presença de impurezas e agregados de solo, em grãos de feijão quando cultivado em sistemas com maior recobrimento do solo devido a formação de palhada.

Porém, elevada quantidade de grãos em relação ao total, colhida sobre a sucessão com milho solteiro, ficou retido na peneira número 14 (22,9%) em relação à colhida sobre a sucessão com *B. ruziziensis* exclusiva (18,1%). Mesmo não ocorrendo diferença estatística na renda de benefício para o somatório de peneiras acima do número doze, 75% desta renda acumulou-se no feijoeiro em sucessão ao milho solteiro, sendo 7,3% a mais do que a renda obtida no feijoeiro conduzido sobre palhada de *B. ruziziensis* exclusiva e 10% a mais que no cultivo em sucessão ao milho consorciado com *B. ruziziensis* (Figura 9). No cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho exclusivo ocorreu maior produção de grãos retidos em peneira número 14 em relação aos demais sistemas de cultivo, porém sem alterações na massa de 100 grãos (Tabela 5).

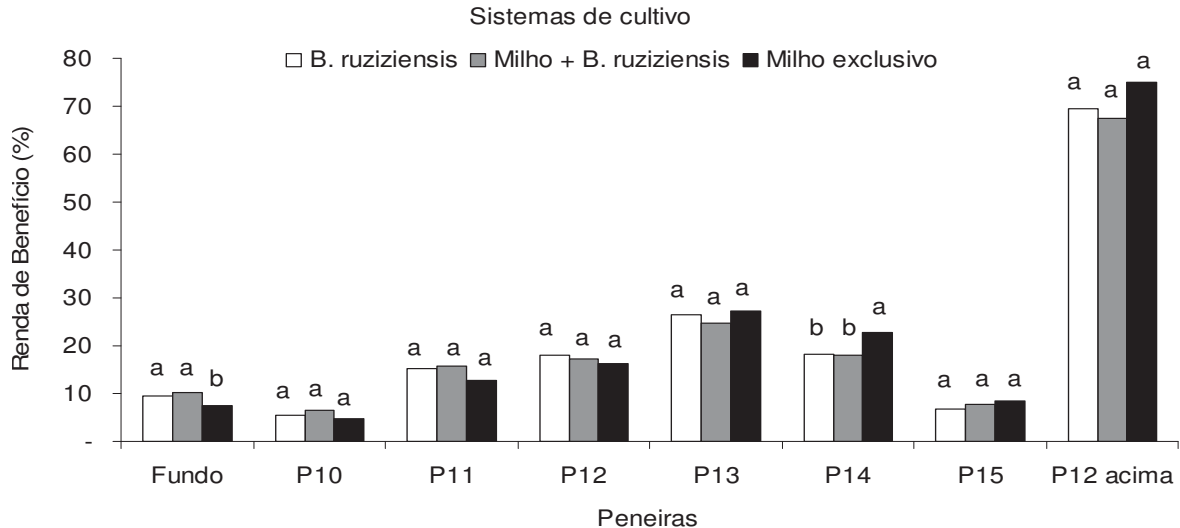


Figura 9. Efeito de sistemas de cultivo na renda de benefício, obtida pela classificação de grãos por peneiras de crivos oblongos, no feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão milho e braquiária em Jaboticabal – SP, 2010. Médias seguidas pela mesma letra em cada peneira não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A renda de benefício pode ser uma alternativa na busca de melhores preços de mercado, uma vez que o conceito de grãos graúdos vem sendo adotado na comercialização de grãos de feijão. A peneira número 12 é considerada uma referência de tamanho de grãos pelas empacotadoras de feijão, as quais oferecem uma gratificação financeira (ágio) para fornecedores que apresentam um produto com renda acima de 65% (FARINELLI, 2003), caracterizando-se como grãos graúdos.

Vale ressaltar que a renda de benefício acima da peneira 12 obtida no feijoeiro em função da adubação nitrogenada e cultivado em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, milho consorciado com *B. ruziziensis* e milho solteiro corresponderam a 69,5, 67,5 e 75%, respectivamente (Figura 9). O incremento no tamanho dos grãos de feijão em função da aplicação de N em cobertura foi apresentado por CRUSCIOL et al. (2003). Neste estudo os pesquisadores verificaram efeito significativo na dose de 25 kg ha⁻¹ de N em cobertura, ocorrendo redução percentual das sementes retidas nas peneiras 14 e 15 elevando-se a proporção de grãos retidos nas peneiras número 17 e 18.

Para o efeito de doses de N no tamanho de grãos de feijão cultivado em sucessão a milho e braquiária, ocorreu diferença estatística apenas na renda de benefício obtida na peneira 12, sendo que a dose de 80 kg ha⁻¹ de N (a mais próxima da recomendada por AMBROSANO et al., (1997) proporcionou uma redução de 9,7% nos grãos retidos nesta peneira em relação a média geral do ensaio. Além disso, para o efeito de doses de N em cobertura na renda de benefício acima da peneira 12 observou-se valores em torno de 70% (Figura 10).

O desdobramento da interação S x D para a renda de benefício obtida na peneira número 13 encontra-se na Figura 11. A porcentagem de grãos retidos na peneira número 13 manteve-se constante nos sistemas de cultivo após *B. ruziziensis* exclusiva e milho solteiro, em função das doses de N aplicadas em cobertura no feijoeiro. Foi observado comportamento linear decrescente para esta característica no feijoeiro cultivado após milho consorciado com *B. ruziziensis*, ou seja, a porcentagem de grãos retidos na peneira número treze diminuiu com o aumento da dose de N.

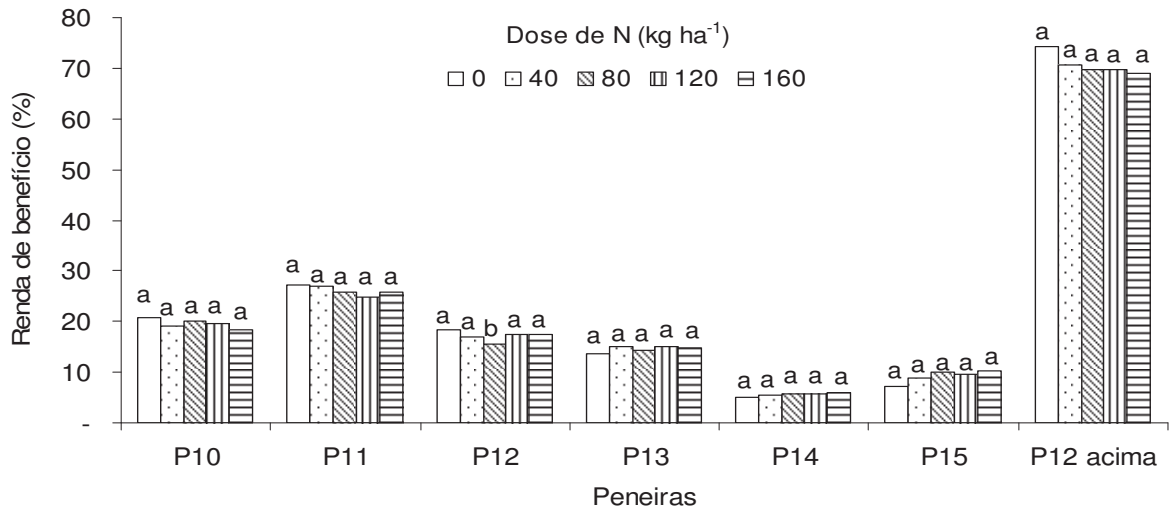


Figura 10. Efeito da adubação nitrogenada na renda de benefício, obtida pela classificação de grãos por peneiras de crivos oblongos, no feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão milho e braquiária em Jaboticabal – SP, 2010. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

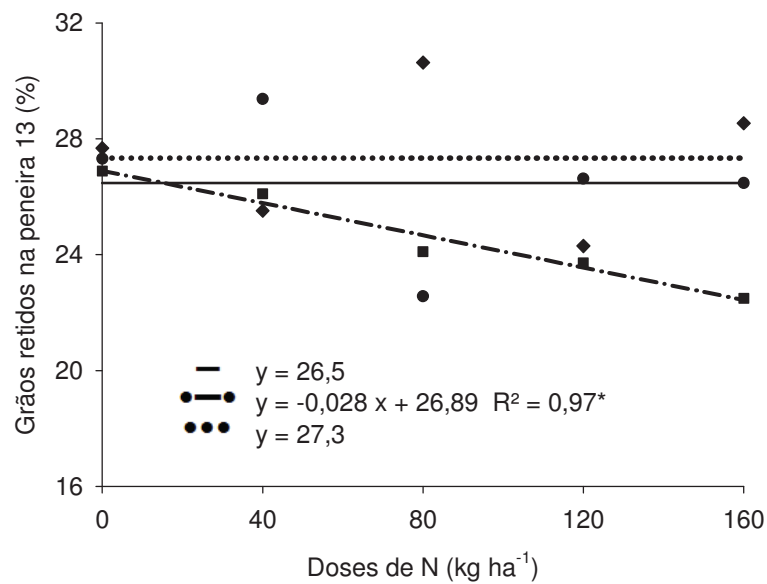


Figura 11. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente à porcentagem de retenção na peneira número 13 para grãos do feijoeiro cultivar IPR-Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo (●●●), milho consorciado com braquiária (●—●) e braquiária exclusiva (—), em Jaboticabal - SP, 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os dados referentes ao teor de proteína bruta, tempo para o cozimento e a relação de hidratação em grãos de feijão estão apresentados na Tabela 7. O teor de proteína bruta nos grãos não foi influenciado pela adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro nos sistemas de cultivo após *B. ruziziensis*, milho consorciado com *B. ruziziensis* e milho solteiro. Quanto ao tempo para cozimento, ocorreram efeitos isolados para doses de N e sistemas de cultivo antecedentes ao feijoeiro. Foi observada interação entre sistemas de cultivo e doses de N nos valores da relação de hidratação.

Tabela 7. Teor de proteína bruta, tempo para o cozimento e relação de hidratação em grãos de feijão, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo, consórcio milho + *B. ruziziensis* e *Brachiaria ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal - SP, 2010.

Tratamentos	Proteína bruta grãos ----- g kg ⁻¹ -----	Tempo para Cozimento ----- minutos -----	Relação de hidratação -----
Sistemas de cultivo (S)			
Milho	224,8	35,0 a	1,97
Milho + Braquiária	224,4	40,4 b	1,96
<i>B. ruziziensis</i>	217,5	33,2 a	1,98
CV (%)	5,36	11,92	0,75
Doses de N (kg ha ⁻¹) (D)			
0	222,1	39,1	1,98
40	222,1	37,5	1,97
80	219,5	36,7	1,97
120	222,9	34,5	1,96
160	224,5	33,2	1,97
CV (%)	3,50	11,38	0,67
Teste F			
S	1,79 ^{ns}	11,20 [*]	3,36 ^{ns}
D	0,48 ^{ns}	2,96 [*]	1,04 ^{ns}
S x D	1,36 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,67 [*]
Média geral	222,2	36,2	1,97

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo a 5% respectivamente e ns - não significativo pelo teste F.

O teor de proteína bruta nos grãos de feijão é um dos fatores que contribuem para o elevado consumo deste alimento na dieta básica dos brasileiros. De acordo com

MODA-CIRINO et al. (2003), o feijoeiro IPR Juriti apresenta um potencial protéico em torno de 230 g kg^{-1} de grãos, valor este próximo aos obtidos no respectivo experimento.

O teor de proteína bruta nos grãos do feijoeiro não foi influenciado pelos fatores estudados (Tabela 7), ou seja, mesmo sem a aplicação de N em cobertura ocorreu suprimento adequado desse nutriente à cultura. De acordo com SILVEIRA et al. (2005), embora grandes quantidades de N estão contidas na parte aérea das culturas denominadas cobertura do solo, a quantidade real de N aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da palhada e a taxa de demanda da cultura sucessora. Mesmo o feijoeiro apresentando ciclo curto, é provável que a decomposição da palhada de milho e de braquiária tenha suprido a necessidade das plantas quanto ao teor de N foliar.

Em concordância com os resultados de FORNASIERI FILHO et al. (2007), o teor de proteína bruta dos grãos do feijoeiro pode demonstrar a adequada nutrição das plantas, indicando que houve translocação deste nutriente na relação fonte/dreno, ou seja, das folhas aos grãos, evidenciando a hipótese que a degradação e decomposição da palhada produzida pelas culturas de verão, além da fixação biológica de N atmosférico pode contribuir ao suprimento de N ao feijoeiro.

Ao trabalharem com o cultivar Pérola, FARINELLI & LEMOS (2010) encontraram resposta linear para o teor de proteína bruta nos grãos em função da aplicação de doses crescentes de N em cobertura no feijoeiro, obtendo um acréscimo de 3,5% com aplicação de 120 kg ha^{-1} de N. Outros pesquisadores verificaram acréscimos neste componente em função da adubação nitrogenada, comprovando a hipótese levantada por KIGEL (1999) em que a aplicação de N no feijoeiro pode influenciar o teor protéico dos grãos. Em cultivo do feijoeiro, cultivar IPR Juriti e Pérola no sistema de plantio direto sob palhada de milho, GOMES JUNIOR & SÁ (2010) avaliaram a influência da adubação nitrogenada em cobertura sobre o teor de proteína dos grãos. Verificaram que a aplicação de até 120 kg ha^{-1} de N tanto no estágio fenológico V_{4-3} quanto no V_{4-6} promoveu aumento no teor de proteína bruta dos grãos, sendo que os valores médios para a dose zero foram de 18,4 e 17,3%; e para a dose de 120 kg ha^{-1} de N, os teores foram 22,7 e 21,3% para IPR Juriti e Pérola, respectivamente.

O tempo para cozimento de grãos variou de acordo com os sistemas de cultivo em que o feijoeiro foi submetido (Tabela 7). Os sistemas contendo milho e *B. ruziziensis* exclusivos não se diferenciaram quanto ao tempo para cozimento de grãos do feijoeiro cultivado em sucessão, porém destacaram-se do sistema contendo milho consorciado com *B. ruziziensis*, uma vez que este apresentou o maior tempo de cocção para os grãos ali produzidos. De acordo com a escala de PROCTOR & WATTS (1987) os grãos de feijão produzidos nos sistemas de cultivo após *B. ruziziensis* exclusiva e milho exclusivo foram caracterizados como resistentes ao cozimento, variando de 33 a 36 minutos, enquanto que os grãos provenientes do feijão cultivado após milho consorciado com *B. ruziziensis* ultrapassaram os 36 minutos para cocção, sendo classificados como altamente resistentes.

Com o aumento da dose de N aplicado em cobertura verificou-se redução nos valores do tempo para cozimento, correndo um comportamento linear decrescente para esta característica tecnológica dos grãos de feijão (Figura 12).

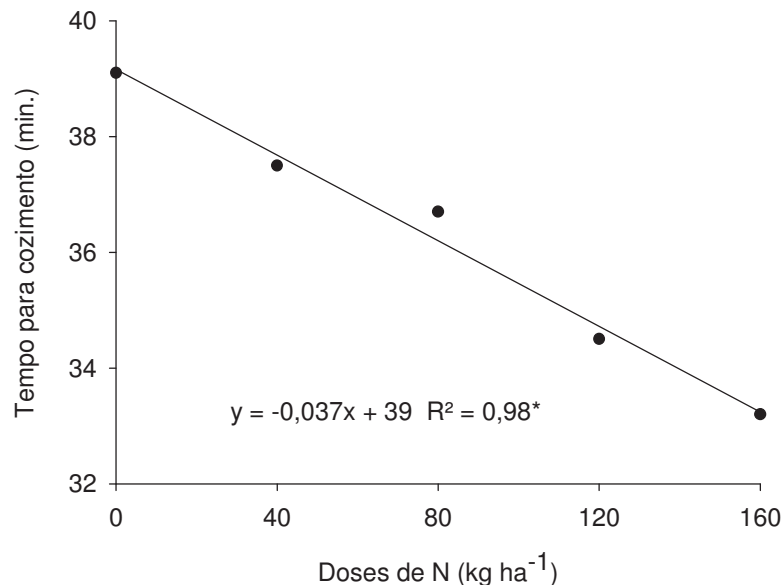


Figura 12. Tempo de cozimento de grãos em função da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, no sistema de plantio direto, em sucessão à milho e braquiária, Jaboticabal (SP), 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O incremento do número de trifólios no feijoeiro em função das doses de N (Figura 4) pode ter influenciado na maturidade fisiológica, especificamente no processo de perda de água, acarretando na diminuição do tempo para cozimento dos grãos. Além disso, os fatores climáticos durante o ciclo do feijoeiro podem influenciar no tempo para cozimento dos grãos, sendo que a ocorrência de chuva no momento da colheita pode explicar a redução no tempo para cozimento (Figura 2). FARINELLI & LEMOS (2010) relataram redução significativa no tempo para cozimento de grãos de feijão cultivado após aveia preta e milho em sistema de plantio direto em função das mesmas doses de N empregadas.

Quanto à capacidade de hidratação, os grãos de feijão apresentaram relação de hidratação próxima a 2, demonstrando que os grãos absorveram o dobro da sua massa em água. Resultados semelhantes foram reportados por LEMOS et al. (2004) e RAMOS JUNIOR et al. (2005). Não se observou presença de grãos de casca dura (hardshell). Elevadas temperaturas e ausência de precipitação pluvial podem ser determinantes quanto a estas características, pois segundo CARBONELL et al. (2003) a ocorrência de grãos duros é promovida por situações de estresse hídrico e altas temperaturas, próximas à época de colheita dos grãos.

O desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N para a relação de hidratação de grãos de feijão é apresentada na Figura 13. Nota-se que para os sistemas de cultivo contendo milho solteiro e milho consorciado com *B. ruziziensis* a relação de hidratação dos grãos de feijão se manteve constante mesmo com o acréscimo da aplicação de N em cobertura. Nos grãos de feijão produzidos sob palhada de *B. ruziziensis* exclusiva a relação de hidratação reduziu à medida que se aumentou a dose de N em cobertura.

Não ocorreram diferenças entre o tempo para a máxima hidratação de grãos de feijão em função dos sistemas de cultivos antecedentes e das doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 8), contrariando SILVA et al. (2006) que obtiveram valores crescentes, acima de 12 horas, com aplicações de N em cobertura (0 a 120 kg ha⁻¹) no cultivar de feijão Pérola. Segundo FARINELLI & LEMOS (2010), o tempo de 12 horas

para se atingir a máxima hidratação é satisfatório, uma vez que na culinária brasileira, os grãos de feijão são deixados em embebição na noite anterior ao preparo.

Em alguns trabalhos o tempo de embebição, ou permanência dos grãos na água, foi maior que 12 horas (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003), atingindo até 18 horas no caso da metodologia oficial (GARCIA-VELA & STANLEY, 1989). Esta variação pode ser devido ao fato da capacidade de hidratação de grãos de feijão ser dependente da cultivar, das condições de armazenamento e do ambiente (CARBONELL et al., 2003; LEMOS et al., 2004; RIBEIRO et al., 2007b). FARINELLI & LEMOS (2010) apontaram a necessidade de pesquisas científicas sobre a influência da adubação nitrogenada nesta característica tecnológica.

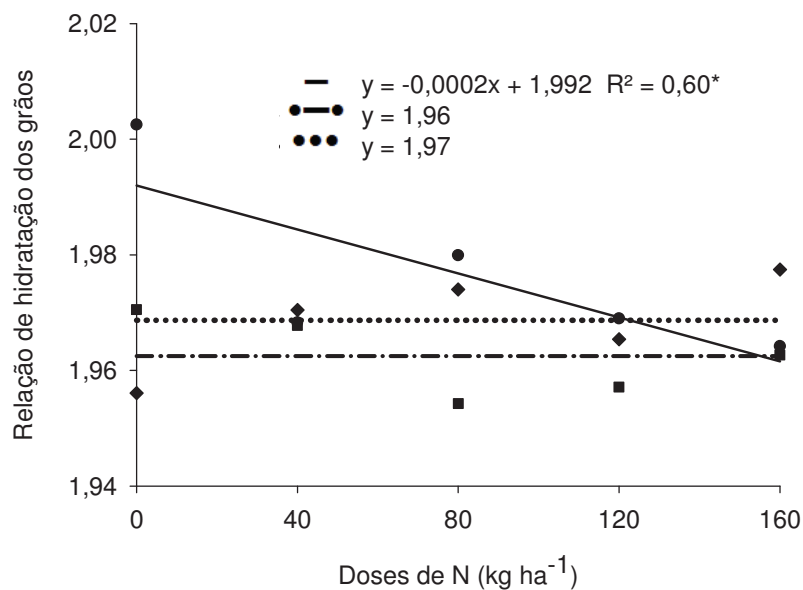


Figura 13. Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de N referente à relação de hidratação de grãos do feijoeiro cultivar IPR-Juriti, em função da aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo (●●●), milho consorciado com braquiária (●—●) e braquiária exclusiva (—), em Jaboticabal - SP, 2010. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TH em hora:minuto) de feijão, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em sucessão à milho exclusivo, consórcio milho + *B. ruziziensis* e *Brachiaria ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal - SP, 2010.

Tratamentos		Equação de regressão ⁽¹⁾	R ²	TH
Sistemas de Cultivo	Doses (N kg ha ⁻¹)			
Milho	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1350x + 14,574$	0,77	11:15
	40	$y = -0,0001x^2 + 0,1342x + 15,206$	0,75	11:11
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,1314x + 14,362$	0,78	10:57
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,1266x + 14,181$	0,78	10:33
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,1366x + 14,373$	0,79	11:23
Milho + <i>B. ruziziensis</i>	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1356x + 12,764$	0,83	11:18
	40	$y = -0,0001x^2 + 0,1397x + 13,360$	0,82	11:38
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,1370x + 12,556$	0,83	11:25
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,1361x + 12,464$	0,83	11:20
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,1351x + 13,265$	0,81	11:15
<i>B. ruziziensis</i>	0	$y = -0,0001x^2 + 0,1375x + 11,922$	0,86	11:27
	40	$y = -0,0001x^2 + 0,1278x + 11,101$	0,87	10:39
	80	$y = -0,0001x^2 + 0,1410x + 12,588$	0,84	11:45
	120	$y = -0,0001x^2 + 0,1337x + 12,944$	0,82	11:08
	160	$y = -0,0001x^2 + 0,1340x + 11,452$	0,86	11:10
Média geral	-	-	-	11:13

⁽¹⁾ x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R² = coeficiente de determinação.

A análise dos resultados da Tabela 8 permite a compreensão de que não ocorreu a necessidade de ultrapassar 12 horas para se atingir o tempo máximo de hidratação dos grãos de feijão. O tempo de embebição para a máxima hidratação dos grãos variou de 10 horas e 10 minutos a 11 horas e 45 minutos, podendo ser considerado como adequado uma vez que na culinária brasileira, os grãos de feijão são imersos em água na noite anterior ao preparo ou cozimento.

O uso do N na agricultura vem sendo considerado como um dos fatores que mais encarecem o custo de produção (FAGERIA & BALIGAR, 2005; SANTOS & FAGERIA, 2007), portanto, do ponto de vista econômico, a dose de N correspondente à maior produtividade de grãos muitas vezes pode não ser a mais rentável (BARBOSA FILHO et al., 2005). No entanto, o fato do feijoeiro ser responsivo a elevadas doses de N quando irrigado e cultivado em sucessão a gramíneas evidencia a necessidade de

estudos que considerem a viabilidade econômica da adubação nitrogenada nestes sistemas de cultivo.

No feijoeiro cultivado em sucessão ao milho solteiro obteve-se resposta decrescente pela eficiência agrônômica. Porém, mesmo na maior dose de N aplicada (160 kg ha^{-1}), este se sobressaiu em relação aos demais sistemas de cultivo (Figura 8), proporcionando maiores acréscimos na produtividade e nos valores de produção e, conseqüentemente maior margem bruta de ganho, em ambas as situações de comercialização testadas (Tabela 9). No cultivo de feijão após *B. ruziziensis* exclusiva a aplicação da dose de 40 kg ha^{-1} de N, mostrou viabilidade econômica, fato que pode ser explicado pela possível liberação de N e outros nutrientes presentes na palhada de braquiária. Ainda em sucessão a *B. ruziziensis* exclusiva, as maiores margens de lucro foram obtidas com aplicação das doses de 120 e 160 kg ha^{-1} de N em cobertura, tendo a dose de 80 kg ha^{-1} de N - mais próxima da recomendada por AMBROSANO et al., (1997) - considerada como inviável economicamente.

No feijoeiro cultivado em sucessão ao milho consorciado com *B. ruziziensis* apenas a dose de 120 kg ha^{-1} de N promoveu margem bruta de ganho, sendo esta maior na situação de R\$119,50 a saca de 60 kg de feijão carioca. As demais doses de N em cobertura aplicadas no feijoeiro em sucessão ao milho consorciado com *B. ruziziensis* não promoveram margem bruta de ganho (Figura 14).

O acréscimo da adubação nitrogenada proporcionou melhoria na margem bruta de ganho no feijoeiro cultivado sobre palhadas de milho e *B. ruziziensis* exclusivos, fato que pode ser explicado pelo comportamento linear crescente da produtividade do feijoeiro em função da aplicação de doses de N em cobertura (Figura 7). BARBOSA FILHO et al. (2005) demonstraram que a renda líquida aumentou com as doses de N, em virtude da resposta linear crescente da produtividade de grãos em função das doses de N aplicadas no feijoeiro cultivado em sucessão a soja e milho sob cultivo mínimo. Na cultivar Pérola, em sucessão a gramíneas, BINOTTI et al. (2009) verificaram respostas de produtividade em relação adubação nitrogenada e, constataram que para a fonte uréia, a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N, sendo $1/3$ na semeadura e $2/3$ em cobertura no estágio V_{4-4} , proporcionou a maior margem bruta de ganho.

Tabela 9. Acréscimo na produtividade e no valor de produção, e margem bruta de ganho por meio de análise econômica simples da adubação nitrogenada no feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *B. ruziziensis* e *Brachiaria ruziziensis* exclusiva, no plantio direto, considerando o preço da saca do feijão na época da colheita (IEA, 2011).

Tratamentos		Acréscimo		Valor de produção ²	Custo da aplicação ³	Margem bruta de ganho ¹	Margem bruta de ganho ²
Sistemas de Cultivo	Doses de N	Produtividade	Valor de produção ¹				
		kg ha ⁻¹			R\$ ha ⁻¹		
Milho	40	507	739,4	1009,8	135,5	603,8	874,2
	80	505	736,5	1005,8	241,0	495,5	764,8
	120	639	931,9	1272,7	346,5	585,4	926,2
	160	845	1232,3	1683,0	451,9	780,4	1231,0
Milho + <i>B. ruziziensis</i>	40	59	86,0	117,5	135,5	-49,5	-18,0
	80	9	13,1	17,9	241,0	-227,9	-223,1
	120	288	420,0	573,6	346,5	73,5	227,1
	160	15	21,9	29,9	451,9	-430,1	-422,1
<i>B. ruziziensis</i>	40	163	237,7	324,6	135,5	102,2	189,1
	80	131	191,0	260,9	241,0	-50,0	19,9
	120	446	650,4	888,3	346,5	303,9	541,8
	160	682	994,6	1358,3	451,9	542,7	906,4

⁽¹⁾ Com base no preço de R\$ 87,50 por saca de 60 kg do feijão carioca, comercializado em São Paulo (SP), no dia 30 de novembro de 2010. ⁽²⁾ Com base no preço médio de R\$ 119,50 por saca de 60 kg do feijão carioca, comercializado em São Paulo (SP), mês de novembro de 2010. ⁽³⁾ Preço da uréia (agosto de 2010) = R\$ 1.186,49 t⁻¹ (IEA, 2011) e da aplicação da adubação de cobertura (agosto, 2010) = R\$ 30,07 ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2010).

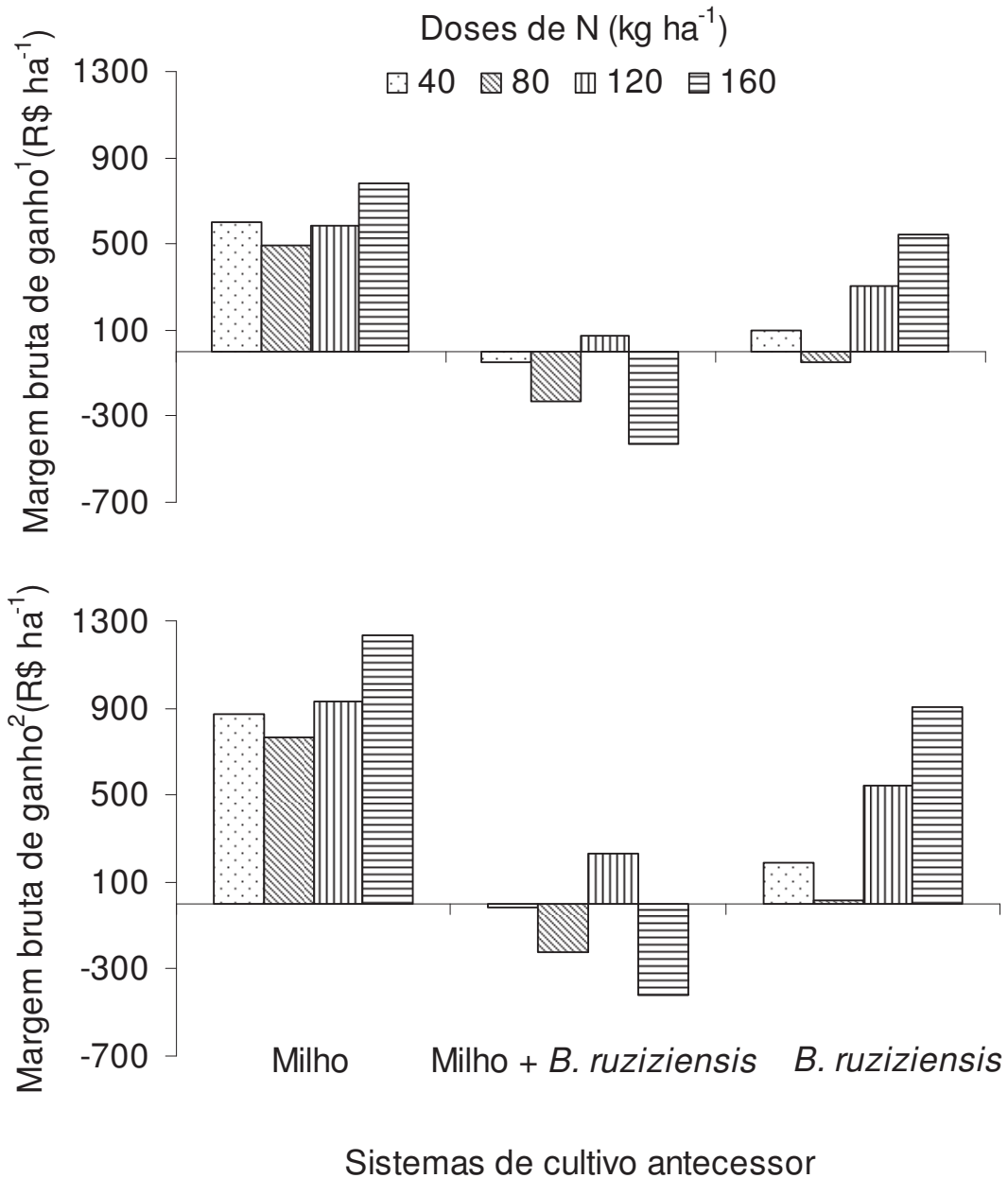


Figura 14. Margem bruta de ganho, obtida pelo incremento da produtividade do feijoeiro, cultivar IPR Juriti, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, em sucessão milho e braquiária em Jaboticabal – SP, 2010. ⁽¹⁾ com base na cotação do dia 30 de novembro de 2010 em de São Paulo, R\$ 87,50 a saca (60 kg). ⁽²⁾ com base no preço médio do mês de novembro de 2010 em de São Paulo, R\$ 119,50 a saca (60 kg). Com preço da uréia a R\$ 1.186,49 t⁻¹ e custo da aplicação da adubação de cobertura a R\$ 30,07 ha⁻¹ em agosto de 2010.

6. CONCLUSÕES

1. O consórcio com *B. ruziziensis* promove redução no diâmetro do colmo do milho, não afetando a produtividade de grãos, obtendo no feijoeiro em sucessão rendimento de grãos em torno de 3.000 kg ha⁻¹, não respondendo a utilização de adubação nitrogenada em cobertura, com valores elevados de tempo para cozimento.

2. O uso de *B. ruziziensis* num sistema de sucessão de culturas, seja de forma exclusiva ou consorciada com o milho favorece o recobrimento total da superfície do solo, assim como o feijoeiro em sucessão à braquiária exclusiva obtém ganhos de produtividade de grãos com o aumento das doses de nitrogênio.

3. O aumento das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no feijoeiro em sucessão a milho exclusivo, milho consorciado com braquiária e *B. ruziziensis* exclusiva promove incremento no teor de nitrogênio foliar e no número de trifólios por planta, não influenciando no tempo para máxima hidratação dos grãos, porém com diminuição no tempo para cozimento, obtendo os menores valores em sucessão à braquiária e ao milho cultivados exclusivamente.

4. A interação entre sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio influencia o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, produtividade de grãos, eficiência agrônômica de uso do nitrogênio, renda de benefício especificamente na peneira 13, bem como a relação de hidratação, sendo que para esta variável os valores obtidos são satisfatórios.

5. Doses crescentes de nitrogênio no feijoeiro em sucessão ao cultivo de milho exclusivo promovem acréscimos na produtividade de grãos, com diminuição na eficiência agrônômica, resultando em maior renda de benefício na peneira oblonga 14, ocorrendo em média margem bruta de ganho superior aos demais sistemas de cultivo experimentados.

7. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. **Feijão**. São Paulo: Agra FNP Pesquisas, 2010. p. 520.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T. Palhada de braquiária: redução dos riscos e do custo de produção das lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 30-38, 2007.

AIDAR, H. et al. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 43, p. 150-151, 2000.

AIDAR, H. et al. Produção sustentável do feijoeiro comum sob irrigação por aspersão na Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO CONAFE, 8., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 839-841. (Documentos, 182).

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura do solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**: Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARENGA, R.C. et al. **A cultura do milho na Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 80).

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L. CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 47-54, 2000.

AMBROSANO, E. J. et al. Feijão. In: RAIJ, B. V. et al. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 194-195. (Boletim técnico, 100).

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

ARF, O. et al. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.

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

BARNES, J. D. et al. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1992.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78).

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

BIZARI, D. R. **Diferentes sistemas de cultivo na economia de água e produtividade do feijão de inverno irrigado**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 2007.

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

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 13-18.

BORGHI, E. **Produção de milho e capins Marandu e Mombaça em função de modos de implantação do consórcio**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRAZ, A. J. B. P. et al. Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 621-628, 2006.

BRESSANI, R. Revisión sobre la calidad del grano de frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Guatemala, v. 39, n. 3, p. 419-442, 1989.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

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

CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; CROCOMO, O. J. Níveis de nitrogênio na produção, no teor de proteína e na composição de aminoácidos, em sementes de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.57, n.1, p.39-47, 1982.

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

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, 2001.

CHIARADIA, A. C. N.; GOMES, J. C. **Feijão**: química, nutrição e tecnologia. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 180 p.

CHIORATO, A. F. et al. Novas cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO, 23., 2007. Capão Bonito. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2007, p. 13-19.

COLLARES, G. L. et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1663-1674, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2009/2010**: Quarto levantamento. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. 39 p.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

CRUZ, J. C. et al. Manejos de solo para a cultura do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 42-55, 2004.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

De SHPANDE, S. S.; NIELSEN, S. S. *In vitro* digestibility of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: the role of heat-stable protease inhibitors. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 5, p. 1330-1334, 1987.

DURIGAN, J.F. **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)** 1979. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1979.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 88, p. 97-185, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org>>. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88004-6.

FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT 2007**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/> >. Acesso em: 21 maio 2010.

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

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

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.

FAVERO, C. et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palha - Brasil. 2009**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

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

FURTINI, I. V. et al. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1696-1700, 2006.

FREITAS, F. C. L. et al. Cultivo consorciado de milho para silagem com *Brachiaria brizantha* no sistema de plantio convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 635-644, 2005a.

FREITAS, F. C. L. et al. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005b.

FREITAS, F. C. L. et al. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodosulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 215-221, 2008.

GARCIA-VELA, L. A.; STANLEY, D. W. Water holding capacity in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 4, p. 1080-1081, 1989.

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

GOMES JUNIOR, F. G. et al. Rendimento do feijoeiro de inverno em resposta à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 77-81, 2005a.

GOMES JUNIOR, F. G. et al. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005b.

GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p.34-44, 2010.

GOMES JUNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.

GUADAGNIN, J. C. et al. Perdas de solo e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277-286, 2005.

GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; PAREDE-LÓPEZ, O. Functional products of plants indigenous to Latin America: amaranth, quinoa, common beans and botanicals. In: MAZZA, G. (Ed.). **Functional foods: biochemical and processing aspects**. New York: Chapman and Hall, 1998. p. 293-328.

IEA. Instituto de economia agrícola. **Preços médios pagos**. Disponível em <http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/Precos_Medios.aspx?cod_sis=3>. Acesso em: 11 abr. 2011.

JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environment**, Gembloux, v. 3, n. 4, p. 205-209, 1999.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p. 499-522.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da Integração Lavoura-Pecuária e a produção de forragens na entressafra. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 16-29, 2007.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28 p. (Documentos, 157).

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residues cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996, p. 23-56.

LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R. et al. (Ed.). **Soil management greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 293-307.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no sistema Santa Fé. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 131-140, 2007.

LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Nitrogen use efficiency 1. Uptake of nitrogen from the soil. **Annals of Applied Biology**, Oxford, v. 149, n. 3, p. 243-247, 2006.

LEMOS, L. B. ; FARINELLI, R. Rotação do feijoeiro em sistemas de produção agrícolas. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO CONAFE, 9., 2008, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Instituto Agronômico, p. 1693-1733. (Documentos IAC, 85).

LEMOS, L. B. et al. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoeiro. **Agronomia**, Seropedica, v. 37, n. 1, p. 26-31, 2003.

LEMOS, L. B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

MAIA, M. C.; PINTO, J. C.; ANDRADE, I. F.; Estabelecimento de pastagem de capim tanzânia usando milheto como cultura acompanhante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1312-1319, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MAROCHI, A. I. **Manejo de plantas de cobertura no sistema plantio direto**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2006. p. 4-5. (Informações Agronômicas, 116).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTÍNEZ-ROMERO, E. Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 252, n. 1, p. 11-23, 2003.

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

MODA-CIRINO, V. et al. IPR Juriti: common bean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n. 4, p.303-306, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Matéria orgânica do solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 203-261.

NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A. Fixação biológica do nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 64-72, 2003.

NOCE, M. A. et al. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 3, p. 265-278, 2008.

NUNES, U. R. et al. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M. ; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1988. p. 175-212.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 137-144, 2005.

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

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008, p. 83-120.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure base don sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Toronto, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983, 31 p. (Boletim Técnico, 81).

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

RIBEIRO, N. D. et al. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1393-1399, 2007a.

RIBEIRO, N. D. et al. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre de grãos de feijão para cozimento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 157-163, 2007b.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÉA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.

RODRIGUES, J. A. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, 2005.

ROSOLEM, C.A.; WERLE, R.; GARCIA, R.A. Nitrogen washing from C₃ and C₄ cover grasses residues by rain. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1899-1905, 2010.

SÁ, J. C. M. et al. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p. 1486-1499, 2001.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; HERNANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 92-99, 2001.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B; SILVEIRA, P. M. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 458-462, 2011.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1237-1248, 2007.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, p. 543-562, 1996.

SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A. FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. (Ed.). **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 117-169.

SILVA, A. J.; RAMALHO, M. A. P.; GUEDES, G. A. A.; VALE, F. R. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada: I - produção de grãos e seus componentes. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 348-355, 1989.

SILVA, C. C.; SILVEIRA, P. M.; Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 87-96, 2007.

SILVA, M. B. et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, T. R. B.; ARF, O.; SORATTO, R. P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 81-87, 2003.

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

SILVEIRA, P. M. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.

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

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 211-218, 2005.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 835, 41, 2000.

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

STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

TEIXEIRA, C. M. et al. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 93-99, 2005.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TORMENA, C. A. et al. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

WUTKE, E. B.; De MARIA, I, C. Plantio direto para o feijoeiro. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO, 21., 2005. Capão Bonito. **Anais...** Campinas: Instituto Agronômico, 2005, p. 29-41. (Documentos IAC, 76).

WUTKE, E. B. et al. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação de culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Brasília, v. 57, n. 2, p. 325-338, 1998.

YOKOYAMA, L. P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249-292.