

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

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

**Tatiana Pagan Loeiro da Cunha  
Engenheira Agrônoma**

**2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

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

**Tatiana Pagan Loeiro da Cunha**

**Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

**2013**

Cunha, Tatiana Pagan Loeiro da  
C972a Adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado em sucessão à  
milho e braquiária em plantio direto / Tatiana Pagan Loeiro da  
Cunha. -- Jaboticabal, 2013  
iii, 51 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Leandro Borges Lemos

Banca examinadora: Rogério Farinelli, Alisson Fernando  
Chiorato.

Bibliografia

1. Componentes de produção. 2. *Phaseolus vulgaris*.  
3. Produtividade. 4. Tecnologia de grãos. 5. *Urochloa ruziziensis*.  
6. *Zea mays*. 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, Câmpus de Jaboticabal.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**TATIANA PAGAN LOEIRO DA CUNHA** - filha de *Manoel Loeiro da Cunha* e *Maria de Lourdes Pagan Loeiro da Cunha*, nascida aos 09 de abril de 1984, natural de Amparo, Estado de São Paulo, Brasil. cursou o ciclo básico na Escola Estadual de 1º e 2º grau “Rangel Pestana”, o ensino fundamental na Escola Estadual de 1º e 2º grau “Doutor Coriolano Burgos” e o ensino médio na Escola Estadual “Professor Clodoveu Barbosa”. Realizou o curso técnico “Habilitação Profissional de Técnico em Administração”, obtendo o título de Técnica em Administração no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza “ETE João Belarmino” em 2001. Em março de 2006 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual de Maringá (UEM), Câmpus Regional de Umuarama. Como aluna de graduação foi bolsista de iniciação científica dos projetos intitulados “*Manejo de Meloidogyne spp. e Pratylenchus zeae em cana de açúcar usando plantas antagonistas*” sob orientação da Profa. Dra. Cláudia Regina Dias Arieira e “*Alternativas de aproveitamento de efluentes como inovação tecnológica em laticínios: uma proposta para a região de Entre Rios - Noroeste do Paraná*” sob orientação do Prof. Dr. Eder Pereira Gomes. Desenvolveu os projetos de iniciação científica (PIC) intitulado “*Reação de cultivares de alface a Meloidogyne javanica*” sob orientação da Profa. Dra. Cláudia Regina Dias Arieira e “*Produção de mudas de canafístula (Peltophorum dubim) com substrato enriquecido por torta de filtro e diferentes fontes de adubação*” sob orientação do Prof. Dr. Erci Marcos Del Quiqui. Foi monitora voluntária na disciplina de “*Biologia Celular*” em 2008 e monitora bolsista na disciplina de “*Microbiologia Celular*” em 2010. Estagiou durante os cinco anos de graduação, no primeiro ano (2006/2007) na “*Casa da Agricultura de Amparo*”, no segundo ano (2007/2008) no “*Pólo APTA do Leste Paulista*” e nos últimos anos (2008/2010) no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Maringá, Câmpus Regional de Umuarama. Ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia - Mestrado em Produção Vegetal - em março de 2011, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/campus de Jaboticabal, sendo bolsista da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), tendo como orientador o *Professor Dr. Leandro Borges Lemos*.

“De nada adianta um homem ganhar o mundo  
se ele perder sua alma.”

“Jesus Cristo”

À minha mãe Maria de Lourdes Pagan Loeiro da Cunha e ao meu pai Manoel Loeiro da Cunha, que nunca cessaram de me apoiar e serem o exemplo de simplicidade, caráter, coragem e determinação. Ao meu irmão Thiago pela convivência e ensinamentos para trilhar os caminhos e sonhos. Aos meus avós, Iracema Antonia Loeiro da Cunha (*in memorian*), Joaquim Gonçalves da Cunha (*in memorian*), Maria José Bortolini Pagan, em especial ao meu avô Alcides Pagan (*in memorian*), que sempre acreditaram em mim e me apoiaram. Ao meu namorado Fernando Marcelo Chiamolera, pela compreensão, paciência, carinho e incentivo.

**Dedico...**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, razão de tudo que somos e fazemos. Por me acalantar, fortalecer e conceder discernimento na escolha do caminho a seguir e decisões a tomar;

A minha família, pelos ensinamentos, apoio incondicional, carinho e compreensão na trajetória de mais esta conquista;

Ao meu namorado, Fernando e sua família, pelo companheirismo, solidariedade, compreensão, paciência, carinho e motivação nos momentos mais difíceis;

À minha madrinha, Adriana Pagan, por todo carinho, apoio e incentivo;

À Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - FCAV/UNESP, pelos ensinamentos oferecidos e pela oportunidade de realização do curso;

Ao Professor Dr. Leandro Borges Lemos, pela orientação, dedicação, amizade, ensinamentos, oportunidade, confiança, sugestões, incentivo e contribuição para a realização deste trabalho e busca de novos conhecimentos;

Ao Professor Doutor Domingos Fornasieri Filho e a Professora Doutora Cláudia Regina Dias Arieira pelo apoio, ensinamentos, vivência e exemplo de profissionalismo. E ao Professor Doutor José Carlos Barbosa pelo auxílio nas análises estatísticas;

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

Ao Prof. Paulo Eduardo Carnier, que gentilmente cedeu parte da área do Colégio Técnico Agrícola “José Bonifácio” para o desenvolvimento do trabalho experimental, bem como pela colaboração no manejo da irrigação;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV, Câmpus 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 ao Antônio Carlos de Almeida Carmeis Filho, Fábio Luiz Checchio Mingotte, Anselmo Augusto de Paiva Custódio, Silviane de Santiago e Camila Baptista do Amaral pelo convívio e contribuições para realização deste trabalho;

Aos queridos amigos, que estão ao meu lado em todos os momentos, Fábio Biela, Simone de Melo Santana, Nilce Deciete, Giovana Cristina da Rocha, Rodrigo Gonçalves de Oliveira, Lilian Lúcia Costa, Érica Fernades Leão, Gisele Feliciano Barbosa, Cláudia Amaral, Juciléia Irian dos Santos, Taís Vieira;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram ou participaram desse trabalho, que se finda com a elaboração da presente dissertação.

Sem mais delongas, meu muito obrigada!

**SUMÁRIO**

RESUMO.....	ix
ABSTRACT .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5 CONCLUSÕES .....	38
6 REFERÊNCIAS.....	39

## ADUBAÇÃO NITROGENADA NO FEIJOEIRO IRRIGADO EM SUCESSÃO À MILHO E BRAQUIÁRIA EM PLANTIO DIRETO

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e tecnológico do feijoeiro semeado em sucessão a três sistemas de cultivo (milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva) e da adubação nitrogenada (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N) em cobertura no terceiro ano após a implantação do sistema plantio direto (SPD). A cultivar de feijoeiro utilizada foi a IAC Formoso. A área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa. O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. O consórcio entre milho e *Urochloa ruziziensis* não reduziu a produtividade de grãos do milho, mostrando a viabilidade deste sistema de produção. O uso de *U. ruziziensis* exclusiva ou em consórcio com milho possibilitou a obtenção de maior quantidade de palhada e porcentagem de cobertura morta. A adubação nitrogenada em cobertura influenciou positivamente a produtividade de grãos do feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho + *U. ruziziensis* e milho exclusivo. A máxima produtividade (3.454 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida na dose de 115 kg ha<sup>-1</sup> de N para o sistema antecedido por *U. ruziziensis*. Os demais sistemas apresentaram desempenho linear crescente. O cultivo de *U. ruziziensis* exclusiva ou consorciada com milho permitiu ao feijoeiro em sucessão obter teores elevados de proteína bruta nos grãos. O feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva obteve o máximo rendimento de peneira, maior ou igual a 12 na dose de 97,6 kg ha<sup>-1</sup> de N. O cultivo do feijoeiro semeado em agosto no município de Jaboticabal (SP), foi viável, desde que seja cultivado em sistema plantio direto na palha, em sucessão a gramíneas, especialmente a *U. ruziziensis* e utilize irrigação.

**Palavras-chave:** componentes de produção, *Phaseolus vulgaris*, produtividade, tecnologia de grãos, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*

## NITROGEN IN BEAN IN SUCCESSION TO MAIZE IRRIGATED AND BRACHIARIA IN NO-TILLAGE

**ABSTRACT** - The aim of this study was to assess the agronomic and technological performance of common bean in succession with three cultivation system (sole maize, maize intercropped with *Urochloa ruziziensis* and sole *U. ruziziensis*) and top-dressed nitrogen fertilizer (0; 40; 80; 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of N) in the third year after deploying a no-tillage system (NTS). The bean cultivar used was the IAC Formoso. The soil in the experimental is a eutroferric Red Oxisol with a clayey texture. The experimental design consisted of randomized blocks in a split plot arrangement, with three replications. The intercrop between maize and *Urochloa ruziziensis* not reduced the grain yield of maize, showing the viability of this production system. The use of sole *U. ruziziensis* or intercropped with maize allowed obtaining higher quantity of forage and percentage of straw mulch. The nitrogen fertilizer positively influenced the grain yield of bean in succession to sole *U. ruziziensis*, maize intercropping *U. ruziziensis* and sole maize. The highest yield (3,454 kg ha<sup>-1</sup>) was obtained at a dose of 115 kg ha<sup>-1</sup> N for the system preceded by *U. ruziziensis*. The other systems showed linear increasing performance. The crop sole *U. ruziziensis* or intercropped with maize allowed the bean in succession to obtain high levels of crude protein in the grain. The bean in succession to sole *U. ruziziensis* obtained the maximum yield sieve, greater than or equal to 12 at a dose of 97.6 kg ha<sup>-1</sup> N. The bean crop sown in August in Jaboticabal (SP), was viable, provided it is cultivated in direct planting system, in succession to grasses, especially the *U. ruziziensis* use and irrigation.

**Keywords:** production components, *Phaseolus vulgaris*, yield, grain technology, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*

**LISTA DE TABELAS**

- TABELA 1. Características agronômicas do milho exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis* cultivados no verão 2010/2011 em Jaboticabal-SP .....22
- TABELA 2. Quantidade de palhada, cobertura morta no solo e teor de nitrogênio (N) na palhada, das culturas de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, antes e após o cultivo do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em Jaboticabal-SP, 2011 .....25
- TABELA 3. População inicial e final de plantas e altura de plântulas do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....26
- TABELA 4. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....30
- TABELA 5. Rendimento de peneira (RP) 10; 11; 12; 13; 14; 15 e maior ou igual a 12, do feijoeiro cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em cobertura em sucessão a milho exclusivo, consórcio de milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal-SP, 2011 .....33
- TABELA 6. Proteína bruta, tempo para o cozimento e relação de hidratação de grãos de feijão, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal-SP, 2011 .....36

TABELA 7. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TH em hora:minuto) de grãos de feijão, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + <i>U. ruziziensis</i> e <i>U. ruziziensis</i> exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....	37
--	----

**LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C), média a cada cinco dias, nos meses de dezembro de 2010 a maio de 2011, referente a condução do milho e da *U. ruziziensis*.....14
- FIGURA 2. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C), média a cada quatro dias, nos meses de agosto a novembro de 2011 a maio de 2011, referente ao ciclo do feijoeiro: a = emergência: 29/08/11; b = florescimento pleno: 13/10/11; c = colheita: 18/11/11 .....16
- FIGURA 3. Teor de nitrogênio (N) foliar no feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....27
- FIGURA 4. Teor de clorofila nas folhas do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....28
- FIGURA 5. Número de trifólios do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....29
- FIGURA 6. Matéria seca da planta do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011 .....29

- FIGURA 7. Desdobramento da interação entre sistema de cultivo e doses de nitrogênio (N) referente à produtividade do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em sucessão à milho exclusivo (▲), milho consorciado com *U. ruziziensis* (■) e *U. ruziziensis* exclusiva (●), em Jaboticabal-SP, 2011 .....32
- FIGURA 8. Desdobramento da interação entre sistema de cultivo e dose de nitrogênio (N) referente à peneira maior ou igual a 12 do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em sucessão a milho exclusivo (▲), milho consorciado com *U. ruziziensis* (■) e *U. ruziziensis* exclusiva (●), em Jaboticabal-SP, 2011 .....34

## 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma importante cultura de entressafra, principalmente no Centro-Oeste e Sudeste brasileiro, conduzido em sistema plantio direto (SPD), com uso de irrigação associado à maior quantidade de insumos agrícolas. No Estado de São Paulo, a região Sudoeste destaca-se com seu cultivo a partir de julho/agosto, denominado feijão das “águas” (inverno-primavera) com uso de irrigação.

O SPD baseia-se no mínimo revolvimento do solo, na formação e manutenção de palhada, bem como na rotação ou sucessão de culturas. A inclusão do feijoeiro em esquemas de rotação ou sucessão de culturas é interessante pelo ciclo curto, fotoperíodo neutro permitindo sua exploração em várias épocas do ano e a obtenção de preços superiores quando cultivados no inverno-primavera.

O SPD associado com plantas produtoras de palhada sobre a superfície do solo é uma alternativa eficiente para o controle da erosão, além de favorecer a ciclagem de nutrientes, agregação do solo, retenção de água e manutenção da matéria orgânica do solo, contribuindo positivamente para a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Porém, a maior limitação deste sistema, nas regiões Norte e Nordeste do Estado de São Paulo, é a rápida decomposição da palhada devido ao regime de chuvas e altas temperaturas no período de primavera-verão.

Com estas características, para a implantação e condução do SPD de maneira eficiente, é indispensável à rotação ou sucessão de culturas, com espécies de alto potencial de produção de palhada e elevada relação C/N, como as gramíneas, garantindo a cobertura do solo por períodos prolongados. O cultivo de gramíneas, como milho (*Zea mays* L.) e as braquiárias, dentre elas a *Urochloa ruziziensis*, devido a maior facilidade de dessecação e menor formação de touceiras, promovendo cobertura mais uniforme no solo e melhor facilidade de semeadura da cultura subsequente, veem sendo uma alternativa, podendo ser explorada em cultivos exclusivos ou consorciadas, como no sistema integração lavoura-pecuária (ILP).

Outra técnica de manejo que contribui para atingir a máxima produtividade do feijoeiro é a adubação nitrogenada. O nitrogênio (N) é responsável pelo incremento da área foliar da planta, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, à produtividade de grãos. Embora o feijoeiro realize a fixação de N em associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade fornecida por esse processo normalmente é insuficiente para atingir altas produtividades, necessitando de suplementação via adubação mineral. No SPD em comparação ao manejo de solo convencional, talvez exista a necessidade de utilização de doses de N maiores, em razão dos efeitos da velocidade de decomposição e relação C/N da palhada, no processo de imobilização do N. Além disso, a recomendação vigente para adubação do feijoeiro para o Estado de São Paulo é baseada no sistema convencional de preparo do solo, evidenciando-se a importância de pesquisas com doses de N em SPD.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada aplicada em cobertura nas características agrônômicas e tecnológicas de feijoeiro irrigado de inverno/primavera sucedido por milho e *U. ruziziensis* no terceiro ano após a implantação do SPD. Os objetivos específicos foram obter informações técnicas para divulgar e ampliar o uso do SPD em regiões de verão quente e inverno seco, além da interação lavoura-pecuária, bem como, avaliar o desempenho produtivo do feijoeiro semeado em agosto (inverno/primavera), mostrando sua possível viabilidade agrônômica para a região norte do Estado de São Paulo, podendo tornar mais uma alternativa de cultivo para essa região.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do feijoeiro é uma das mais importantes do mundo, sendo cultivado em países como Brasil, Índia, China, Myanmar, Estados Unidos e México (FAO, 2013). No Brasil, a área total cultivada com feijoeiro em 2011/2012 foi de 3,2 milhões de hectares, com produtividade média de grãos, em torno de 900 kg ha<sup>-1</sup> e produção de 2,9 milhões de toneladas, sendo o Estado de São Paulo, o terceiro maior produtor (CONAB, 2013).

Apesar da baixa produtividade em nível nacional, o feijoeiro vem sendo explorado em sistemas de produção em diferentes agroecossistemas, obtendo-se produtividades superiores a 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, principalmente nos cultivos irrigados, associado à utilização em maior quantidade de insumos agrícolas e em função da disponibilidade de cultivares com elevado potencial produtivo (FARINELLI; LEMOS, 2010). Esta cultura é inserida na entressafra, explorada em áreas irrigadas na Região Central e Sudeste do Brasil, tendo o Distrito Federal, e os Estados de Goiás e São Paulo, produtividade média acima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013).

A partir da década de 1980, o feijoeiro passou a ser cultivado no período de inverno, sob irrigação, atraindo médios e grandes produtores, geralmente detentores de alta tecnologia (BARBOSA FILHO; SILVA, 2000). Devido à expansão do cultivo do feijoeiro sob irrigação, no início dos anos 90, começou a surgir sinais de desequilíbrio ambiental acarretando prejuízos na produtividade, especificamente nas Regiões Norte e Nordeste Paulistas, pioneiras no cultivo de feijão com irrigação sob pivô central (WUTKE et al., 1998). Nessas regiões, a obtenção de altas produtividades associado ao cultivo quase que anual do feijoeiro na mesma área, promoveu o surgimento de doenças, com destaque para o mofo branco (*Sclerotinia sclerotium*), ocasionando aumento do custo de produção e em muitos casos a inviabilidade de exploração da cultura (LEMOS; FARINELLI, 2008).

Dentre os diversos sistemas conservacionistas de produção utilizados para o feijoeiro, o SPD é o que menos causa impacto ao ambiente, atendendo ao conceito de sustentabilidade, por meio da manutenção de resíduos culturais na superfície do solo, reduzindo o impacto da chuva e evaporação de água, além de controlar plantas daninhas com relativa eficiência (SILVA et al., 2008). E devido à decomposição mais

lenta e gradual da matéria orgânica, promove alterações físicas, químicas e biológicas no solo, repercutindo em sua fertilidade e conseqüentemente na produtividade das culturas em relação aos sistemas de manejo convencionais (OLIVEIRA et al., 2003; MERCANTE et al., 2008).

Iniciado na década de 70, na Região Sul do País e hoje difundido em todo território nacional, desde pequenos até grandes produtores, a área estimada em SPD é de 35 milhões de hectares, correspondendo a 70% da área plantada no país (FAEP, 2012). A estimativa da taxa de expansão anual, baseada nos dados do período de 2002 a 2006 foi de 1,77 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2012).

O sucesso do SPD depende da produção e manutenção de palhada sobre a superfície do solo, principalmente em regiões mais quentes, onde as elevadas temperaturas, aliadas à umidade proporcionada por grandes volumes de chuvas no verão, aceleram a decomposição dos resíduos (TEIXEIRA et al., 2010). Para a implantação e condução desse sistema de maneira eficiente é indispensável à rotação de culturas, com plantas de cobertura, como as gramíneas, que possuem alto potencial para produção de fitomassa e elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por um período prolongado (BORGHI; CRUSCIOL; COSTA, 2006).

A rotação/sucessão de culturas consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, propósitos comerciais e de recuperação do solo. Inúmeras vantagens têm sido relacionadas a ela, dentre as quais diversificação da renda, melhor aproveitamento das máquinas, controle de plantas daninhas e aumento da produtividade (GOMES JÚNIOR; SÁ; MURAISHI, 2008). A inclusão do feijoeiro num esquema de rotação de culturas torna-se interessante por apresentar ciclo curto (75 a 90 dias), fotoperíodo neutro permitindo sua exploração e semeadura em várias épocas do ano, dependendo da região ou local de cultivo (LEMOS; FARINELLI, 2008).

A recuperação de áreas degradadas, redução dos custos de produção e uso intensivo da área durante todo o ano estão sendo viabilizados pela integração lavoura-pecuária (ILP), em SPD, com o cultivo de culturas graníferas ou forrageiras e a pecuária, que gera resultados socioeconômicos e ambientais positivos (TRACY; ZHANG, 2008; CRUSCIOL et al., 2012). A ILP é definida como o conjunto de

sistemas produtivos buscando maior sustentabilidade na propriedade rural e que envolvendo uma mesma área, a produção de grãos, consorciados ou não, com espécies forrageiras e a produção animal (MACEDO, 2009).

Em áreas de lavoura com solos corrigidos, é preconizado o consórcio entre culturas graníferas e forrageiras tropicais, principalmente as dos gêneros *Panicum* e *Urochloa* (KLUTHCOUSKI et al., 2000). De acordo com estes autores, esse consórcio apresenta vantagens, pois, na maioria dos casos é de baixo custo e não exige equipamentos especiais para sua implantação. Esse sistema é opção vantajosa para produção de forragem do outono à primavera (PARIZ et al., 2011).

Pesquisas têm mostrado que o cultivo de gramíneas é uma alternativa para formação de palhada em SPD em regiões de verão quente e inverno seco. Avaliando o potencial para formação de palhada em SPD a cinco anos do consórcio milho + *U. ruziziensis* em Botucatu (SP), Souza, Soratto e Pagani (2011) obtiveram em dois anos de experimentação, elevadas produções (13,7 e 16,4 t ha<sup>-1</sup>). Em outro trabalho, avaliando o potencial da *U. ruziziensis* comparada ao milho para formação de palhada em SPD em Jaboticabal (SP) entre dezembro e julho, Mingotte (2011) observou que *U. ruziziensis* foi mais eficiente na formação de palhada produzindo quantidades acima de 11 t ha<sup>-1</sup>.

As braquiárias com destaque para a *U. ruziziensis* vem ganhando espaço no SPD, pois apresenta inúmeras vantagens como grande produtividade de massa seca tanto da parte aérea quanto radicular, boa cobertura do solo, custo relativamente baixo das sementes, melhoria nas propriedades físicas do solo, rusticidade, fácil controle com herbicidas, não forma touceiras, eficiente controle das plantas daninhas, além de elevada relação C/N, permitindo a cobertura do solo por um período maior (TIRITAN, 2001). Costa e Rava (2003) evidenciaram que a palhada de braquiária tem a capacidade de reduzir os inóculos de fungos patogênicos no solo, como *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Rhizoctonia solani* e, principalmente, *Sclerotium sclerotirum*.

O consórcio pode ser estabelecido com a semeadura simultânea da forrageira com a cultura anual, ou a partir da semeadura da cultura anual e da germinação da forrageira por meio de sementes presentes no solo. Diversas culturas anuais são usadas para tal finalidade, mas a preferência é pela cultura do milho o qual pode ser

destinado à produção de grãos ou silagem (SILVA; JAKELAITIS; FERREIRA, 2004). Para a implantação do consórcio, a semeadura simultânea com duas linhas da forrageira na entrelinha do milho tem apresentado melhores resultados para ambas as espécies, tanto para o milho destinado à produção de grãos (JAKELAITIS et al., 2005) como para silagem (FREITAS et al., 2005a,b).

O milho é considerado um ótimo competidor com plantas de menor porte, como as braquiárias, em virtude, de sua expressiva vantagem sobre a forrageira, evidenciada pela maior taxa de acúmulo de massa seca produzida nos estádios iniciais de desenvolvimento. Apresenta elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, reduzindo 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 (SILVA; JAKELAITIS; FERREIRA, 2004; FREITAS et al., 2008). 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 (BORGHI, 2007). Avaliando arranjos de semeadura na implantação de pastagem de braquiária consorciada com milho em SPD, Pequeno et al. (2006) observaram que a produção de milho não foi influenciada pelos arranjos, demonstrando que, mesmo em semeadura simultânea, a braquiária não afetou a produtividade do milho.

Com a expansão das áreas em SPD, pesquisas mostram que a rotação/sucessão de culturas deve priorizar a alternância entre espécies vegetais ao longo dos anos, em uma mesma gleba ou talhão; uso de espécies com elevada relação C/N e diferentes distribuições do sistema radicular no perfil do solo; formação de cobertura morta com elevada quantidade e qualidade de palhada produzida e maior acúmulo de nutrientes (GIACOMINI et al., 2003; GOMES JÚNIOR; SÁ; MURAISHI, 2008).

Nas principais regiões agrícolas produtoras de feijão no Brasil ocorrem grandes variações na produtividade em relação às espécies vegetais utilizadas na rotação e/ou sucessão. Avaliando duas épocas de semeadura (junho e julho), três cultivares de feijoeiro (Pérola, IAC Tunã e Carioca Precoce) e três espécies de

cobertura (milheto, sorgo e *U. brizantha*) sob SPD em Selvíria (MS), Simudi et al. (2010) obtiveram produtividade média superior a 2.450 kg ha<sup>-1</sup>. Em Santo Antônio de Goiás (GO), trabalhando com sete plantas de cobertura (braquiária, milho + braquiária, guandu, milheto, *Panicum maximum* cultivar Mombaça, sorgo e estilosantes) em SPD, Silveira et al. (2005) obtiveram produtividade média de 1.695 kg ha<sup>-1</sup>. Avaliando o desempenho agrônômico do feijoeiro de inverno sob cinco coberturas (feijão bravo do Ceará; *Crotalaria juncea*; milheto; sorgo de duplo propósito; sorgo de guiné) em Jaboticabal (SP), Bordin et al. (2003) obtiveram produtividade média de 2.006 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados mostram a importância da realização de trabalhos de pesquisa para as diferentes coberturas que podem anteceder o feijoeiro.

Entre as técnicas de manejo necessárias para atingir o máximo potencial produtivo no feijoeiro, está à adubação nitrogenada (SANT'ANA; SANTOS; SILVEIRA, 2011), pois o N é absorvido em quantidades mais elevadas em relação aos demais nutrientes, sendo responsável pelo incremento da área foliar da planta, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FAGERIA; BALIGAR, 2005). A eficiência de uso de N pelas culturas anuais, como o feijoeiro, é baixa, ao redor de 50%, e a causa para esse baixo valor está relacionado com a dose e a época de aplicação inadequadas e associado à lixiviação, desnitrificação, imobilização e erosão do solo (FAGERIA; BALIGAR, 2005) e difere entre as cultivares (FURTINI et al., 2006; SANTOS; FAGERIA, 2007; LAGO et al., 2009).

Com isto, a estratégia de adubação de N deve ter, como objetivo, melhorar a sincronia entre a época de aplicação e o período de maior demanda pela planta, de forma a maximizar a absorção e a produtividade de grãos, reduzindo as perdas decorrentes do uso excessivo de fertilizantes nitrogenados (SANTOS; FAGERIA, 2008). A melhoria da eficiência de uso de N é desejável para aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e manter a qualidade ambiental (SANT'ANA; SANTOS; SILVEIRA, 2011).

Em SPD, talvez nos primeiros quatro a cinco anos de implantação, há necessidade de utilizar doses maiores de N (20 a 30%) do que as recomendadas para as culturas no manejo convencional de preparo de solo, em virtude da menor

velocidade de decomposição da palhada, no processo de imobilização do N, podendo interferir na produtividade das culturas. Após esse período no SPD, com o estabelecimento do equilíbrio das transformações que ocorrem com o N no solo, há maior disponibilização de N, com menor resposta a adubação nitrogenada (STONE; MOREIRA, 2001; SORATTO; CARVALHO; ARF, 2004; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; CANTARELLA, 2007; FARINELLI; LEMOS, 2010).

Apesar da capacidade de fixar  $N_2$  atmosférico, por simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, as quantidades do nutriente supridas por esse processo são, em geral, insuficientes para a cultura atingir elevadas produtividades (SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011), sendo recomendado seu fornecimento via adubação. No entanto, o fertilizante nitrogenado tem alto custo energético para sua produção e seu manejo é problemático, em razão das perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação no sistema solo-planta, bem como baixa eficiência de utilização pela planta (SORATTO et al., 2006b; FORNASIERI FILHO et al., 2007; SANT'ANA; SANTOS; SILVEIRA, 2011).

Em feijoeiro de inverno cultivar Pérola, cultivado em sucessão as palhadas de braquiária, milho + braquiária, mombaça, sorgo e estilosantes, sob SPD por cinco anos, Silveira et al. (2005) verificaram que a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura não foi suficiente para atingir a produtividade máxima. Com cobertura de milheto e guandú, houve comportamento quadrático, alcançando a máxima produtividade nas doses de  $87 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $107 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, respectivamente (SILVEIRA et al., 2005).

Com a cultivar IAC Carioca em sucessão ao milho como cultura de verão, Soratto, Carvalho e Arf (2006a) observaram que a aplicação de cinco doses de N em cobertura (0; 35; 70; 105 e  $140 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em três épocas [15 dias, 30 dias e aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE)], promoveram maiores produtividades em SPD, no primeiro ano de experimentação. Neste trabalho as doses de N proporcionaram acréscimos na produtividade nos dois anos de cultivo, onde no primeiro ano a produtividade máxima foi alcançada com dose superior a  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e, no segundo ano houve comportamento linear crescente.

Trabalhando com duas cultivares de feijoeiro (Pérola e IAC Una) e quatro doses de N em cobertura (0; 50; 100 e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) sob SPD em Ribeirão Preto (SP), Fornasieri Filho et al. (2007) obtiveram comportamento linear crescente para

as duas cultivares, mostrando que a dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  não foi suficiente para se atingir a máxima produtividade de grãos.

Em cultivo de feijoeiro irrigado sob SPD, no segundo ano de avaliação, Arf et al. (2008) observaram diferença para a cultivar Pérola em relação as doses de N aplicadas em cobertura (0; 25; 50; 75; 100 e  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sendo que os dados se ajustaram à uma função linear, onde a dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N proporcionou incremento de  $796 \text{ kg ha}^{-1}$  em relação a não aplicação (57% de aumento na produtividade).

Avaliando a produtividade do feijoeiro sob doses de N em cobertura (0; 20; 40; 80 e  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em Dourados (MS), Pelegrin et al. (2009) obtiveram produtividade superior a  $3.200 \text{ kg ha}^{-1}$ , exceto para o sistema sem aplicação de N, onde a produtividade obtida foi de  $2.964 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estudando três coberturas vegetais (milho adensado, algodão e trigo), sem e com aplicação de N (0 e  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ ) no feijoeiro cultivar Carioca Precoce (Pitoco) sob SPD em Campo Grande (MS), Silva et al. (2009) relataram produtividades médias de 944; 1.235 e  $2.404 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

Em SPD sobre palhada de milho consorciado com braquiária, avaliando cinco doses de N (0; 30; 60; 120 e  $240 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aplicadas metade aos dez DAE e a outra metade aos 17 DAE do feijoeiro cultivar BRS Horizonte, na forma de uréia, Sant'Ana, Silveira e Santos (2010) constataram que a dose de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N proporcionou produtividade de grãos de  $3.756 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Trabalhando no município de Botucatu (SP), sob regime de sequeiro, em SPD a cinco anos, onde o feijoeiro foi semeado em sucessão a milho + *U. ruziziensis* durante dois anos agrícolas, Souza, Soratto e Pagani (2011) avaliaram o efeito da inoculação ou não com *Rhizobium tropici* nas sementes e aplicação de quatro doses de N em cobertura (0; 35; 70 e  $140 \text{ kg ha}^{-1}$ ), obtiveram produtividade média de  $1.400 \text{ kg ha}^{-1}$  nos dois anos avaliados.

Avaliando o efeito da adubação nitrogenada no feijoeiro cultivar IAC Alvorada, sob SPD, em sucessão ao milho safrinha consorciado com *U. brizantha* e *U. ruziziensis* e quatro doses de N (0; 35; 70 e  $140 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aplicadas em cobertura, Souza e Soratto (2012) obtiveram produtividades semelhantes para as sucessões  $1.136 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $1.084 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

Em relação à alimentação e nutrição da população brasileira, o feijoeiro é um dos principais alimentos no fornecimento de nutrientes essenciais, como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas, principalmente do complexo B, carboidratos e fibras (MESQUITA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008). Em sua constituição apresenta todos os aminoácidos essenciais: leucina, lisina, fenilalanina, valina, isoleucina, treonina, histidina e metionina; e pelos aminoácidos não-essenciais: ácido glutâmico, ácido aspártico, arginina, serina, alanina, glicina, tirosina, prolina e cisteína (PIRES et al., 2006; RIBEIRO et al., 2007).

Quanto aos aspectos nutricionais e funcionais, as proteínas dos grãos de feijão são ricas em lisina e triptofano, mas pobres nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína. Por outro lado, os cereais são pobres principalmente em lisina, mas apresentam altos teores de aminoácidos sulfurados, tornando o tradicional arroz com feijão complementares um ao outro (FIORENTIN, 2011).

As características tecnológicas dos grãos de feijoeiro aumentam com o cozimento, tornando a textura macia e agradável, pronunciando o sabor 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, além de aumentar a digestibilidade das proteínas e dos carboidratos (SGARBIERI, 1987; BRESSANI, 1989). O tempo de cozimento depende de fatores como a cultivar, épocas de semeadura, tempo decorrido desde a colheita, condições de estocagem dos grãos e modo de preparo (DURIGAN; FALEIROS; LAM-SANCHEZ, 1978; BRESSANI; ELIAS; ESPAÑA, 1981; SGARBIERI, 1987; LAM-SANCHEZ et al., 1990; MORENO; LOPES, 1992; CAZETTA et al., 1995, LEMOS et al., 1996; SARTORI, 1996; CHIARADIA; GOMES, 1997).

As variações no teor de proteína bruta em grãos de feijão, encontradas na literatura situam-se na faixa de 20,4% a 30,2% (MALDONADO; SAMMÁM, 2000; BORDIN et al., 2003); entre as principais frações solúveis, as globulinas e albuminas representam, em média, 75% do total, sendo que a proporção entre essas duas frações varia de acordo com a cultivar e a qualidade proteica está relacionada ao teor relativo de cada uma delas (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

As principais variáveis que norteiam as características tecnológicas do feijão são tempo de cozimento, tamanho dos grãos, coloração do grão, capacidade de hidratação, conteúdo proteico e o balanço em aminoácidos de sua proteína, sendo determinados pelo genótipo e influenciados pelo efeito do ambiente durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (DALLA CORTE et al., 2003; ARAÚJO et al., 2003; LEMOS et al., 2004) e, confirmada por Ribeiro et al. (2007; 2008).

Tem-se observado relação positiva entre a adubação nitrogenada e o acúmulo de proteínas nos grãos de feijão. Plantas adubadas com elevadas doses de N produzem grãos com maior teor de proteínas em relação às plantas adubadas com doses mínimas deste nutriente (BORDIN et al., 2003; GOMES JUNIOR et al., 2005). Com relação ao ambiente de cultivo, em SPD, podem ocorrer modificações na dinâmica do N no solo, decorrente da ação de fatores bióticos (características genéticas da cultivar) e abióticos (luminosidade, temperatura, precipitação e pH do solo), 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).

O uso adequado do fertilizante nitrogenado pode alterar qualitativa e quantitativamente o valor proteico dos grãos de feijão. Por participar da composição dos aminoácidos, o N desempenha efeito direto no teor de proteína dos grãos (GOMES JUNIOR et al., 2005). Estudando o efeito de doses N em cobertura sobre a proteína bruta dos grãos, Gomes Junior et al. (2005) verificaram que a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou maior acúmulo de proteína bruta, quando realizada em estádios fenológicos mais avançados do desenvolvimento vegetativo do feijoeiro (cultivar IAC Carioca). Avaliando o efeito de cinco doses de N aplicados em cobertura (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) em dois estádios fenológicos do feijoeiro (V<sub>4-3</sub> e V<sub>4-6</sub>), Gomes Junior e Sá (2010) observaram que para a aplicação no estágio V<sub>4-3</sub>, a dose máxima não foi suficiente para atingir o máximo teor de proteína bruta nos grãos, apresentando comportamento linear, já no estágio V<sub>4-6</sub>, o teor máximo (20,6%) foi obtido na dose de 88 kg ha<sup>-1</sup>.

Quanto ao tempo para cozimento, tamanho e capacidade de hidratação dos grãos, há escassez de trabalhos científicos relacionando a influência de manejos de solo e o uso de fertilizantes (FARINELLI; LEMOS, 2010). Avaliando o efeito da adubação nitrogenada em cobertura (0; 30; 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) nas características tecnológicas dos grãos de feijão da cultivar Pérola em SPD, Silva, Lemos e Tavares (2006) observaram aumento no teor de proteína bruta, tempo para cozimento e tempo para máxima hidratação dos grãos com o aumento das doses de N em cobertura.

Estudando a influência de doses de N em cobertura (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N) nas características tecnológicas dos grãos, feijoeiro cultivar Pérola, Farinelli e Lemos (2010) obtiveram acréscimo no teor de proteína bruta e interferência das doses de N no tempo para cozimento, além de que as doses até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N elevaram o tempo para máxima hidratação dos grãos de feijão.

Para o tamanho dos grãos, a classificação é de acordo com o rendimento de peneiras, sendo a peneira 12, referência pelas empacotadoras, as quais oferecem uma gratificação financeira para fornecedores que comercializam produto com renda superior a 70% (CARBONELL et al., 2010b). Avaliando o desempenho tecnológico do feijoeiro cultivar Pérola sob SPD, em sucessão a três sistemas de cultivo (milho exclusivo, milho + *U. ruziziensis* e *U. ruzizensis* exclusiva) e aplicação de cinco doses de N em cobertura (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) no município de Jaboticabal (SP), Fiorentin et al. (2012) não observaram influência da adubação nitrogenada, mas constataram menor porcentagem de grãos retidos no fundo do conjunto de peneiras para o sistema antecedido por *U. ruziziensis* exclusiva em relação ao milho exclusivo.

Na cultura do feijoeiro é importante a obtenção de informações técnicas, visando não somente o acréscimo do potencial produtivo, mas sua associação com as características nutricionais e tecnológicas dos grãos, com destaque para o teor proteico, tempo para cozimento e capacidade de hidratação (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003; RODRIGUES et al., 2005). Ocorre então a necessidade do aprofundamento em pesquisas que associem o fornecimento de N e a qualidade nutricional e tecnológica de grãos de feijão.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento 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, com clima Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno). A área experimental é de Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa, com 533 g kg<sup>-1</sup> de argila, 193 g kg<sup>-1</sup> de silte e 274 g kg<sup>-1</sup> de areia, relevo suave ondulado, cultivado anteriormente com as culturas anuais (milho, feijão e arroz) por 15 anos no sistema de semeadura convencional de manejo físico do solo, com alguns períodos de pousio e a partir do verão de 2008 adotou-se o SPD. Durante dois anos agrícolas (2008/2009 e 2009/2010) a área foi cultivada com as culturas de milho e *U. ruziziensis* no verão em sucessão ao feijoeiro no período de inverno-primavera, iniciando seu terceiro ano agrícola.

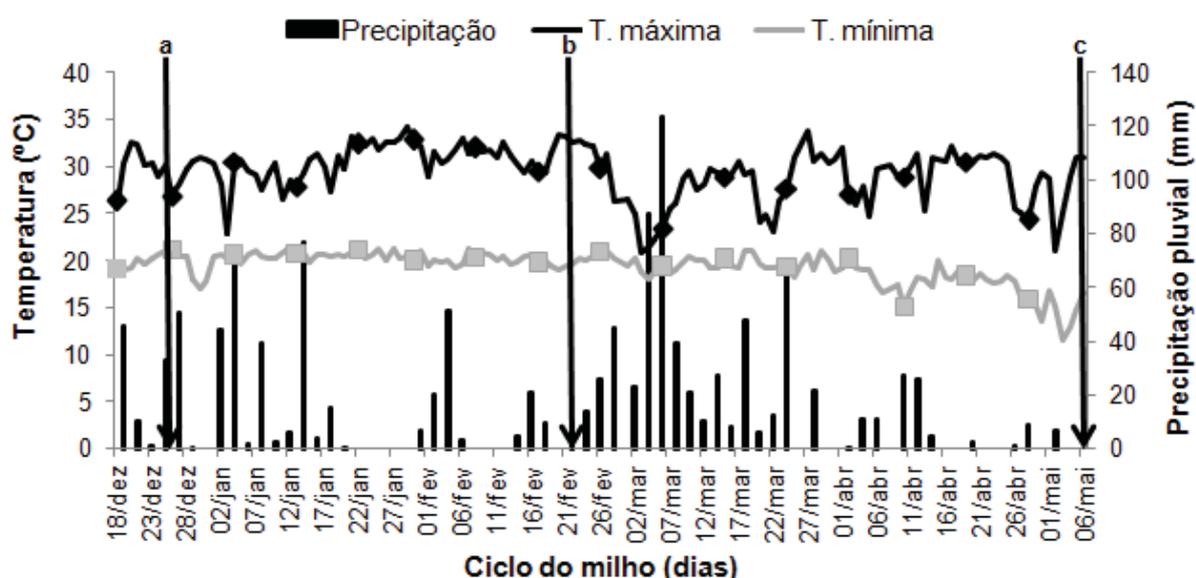
Antes da instalação do experimento no ano agrícola 2010/2011, procedeu-se à retirada de amostras de terra para fins de análise da fertilidade do solo na camada 0-20 cm, obtendo-se valores de pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,1; M.O. (g dm<sup>-3</sup>): 22; P resina (mg dm<sup>-3</sup>): 68; H + Al; K; Ca; Mg; SB; CTC (mmolc dm<sup>-3</sup>): 31; 5,4; 22; 9; 31; 67,4 e V: 54%.

Em 18/12/2010, realizou-se o cultivo das espécies representadas por milho cultivado exclusivamente, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* cultivada exclusivamente. Foi utilizado o híbrido simples DKB 390 YG para o cultivo do milho exclusivo, na densidade populacional estimada de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com linhas espaçadas de 0,9 m. A adubação de semeadura foi constituída de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O); em cobertura foram utilizados 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por meio do formulado 20-00-20 no estágio fenológico V<sub>4</sub> (quarta folha totalmente expandida) e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N via uréia em V<sub>6</sub> (50% das plantas com seis folhas completamente expandidas), com aplicação de 15 mm de água logo após a adubação de cobertura.

No consorcio com *U. ruziziensis*, a cultura do milho foi conduzida nos mesmos procedimentos do cultivo exclusivo, realizando a semeadura da *U. ruziziensis* na densidade de 400 pontos de valor cultural ha<sup>-1</sup> (7,5 kg de sementes ha<sup>-1</sup>) [VC = (% germinação × % pureza física)/100; Quantidade de sementes ha<sup>-1</sup> = 400/VC], no

momento da semeadura do milho, na proporção de duas linhas entre as linhas de milho. A *U. ruziziensis* exclusiva foi semeada mecanicamente, em linhas espaçadas de 0,22 m entre si, com 400 pontos de valor cultural por hectare, sem a aplicação de fertilizantes minerais. A colheita do milho, exclusivo e consorciado, foi realizada mecanicamente em 06/05/11 e a área mantida em repouso até o momento das operações de manejo para dessecação, com herbicida não seletivo glifosato (1.800 g ha<sup>-1</sup> de equivalente ácido), efetuada aos 30 dias antes da semeadura do feijoeiro.

Os dados climáticos registrados durante a condução do milho e da *U. ruziziensis*, encontram-se na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C), média a cada cinco dias, nos meses de dezembro de 2010 a maio de 2011, referente a condução do milho (a = emergência - 26/12/10; b = início do florescimento - 21/02/11; c = colheita - 06/05/11) e da *U. ruziziensis*.

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com 15 tratamentos e três repetições, constituídos pela combinação de três sistemas de cultivo com milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva nas parcelas, em sucessão ao feijoeiro nas subparcelas, utilizando-se cinco doses de adubação nitrogenada (0; 40; 80; 120 e

160 kg ha<sup>-1</sup> de N) em cobertura, no estágio de desenvolvimento V<sub>4-4</sub> (50% das plantas com quatro trifólios completamente expandidos). Foi utilizado como fonte de N a uréia, colocando-a 10 cm da linha de cultivo em filete contínuo, sendo que em seguida realizou-se a aplicação de 15 mm de água. Cada subparcela foi composta por dez linhas de feijoeiro espaçadas de 0,45 m e com 5 m de comprimento. Foi considerada como área útil de cada subparcela as oito linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade.

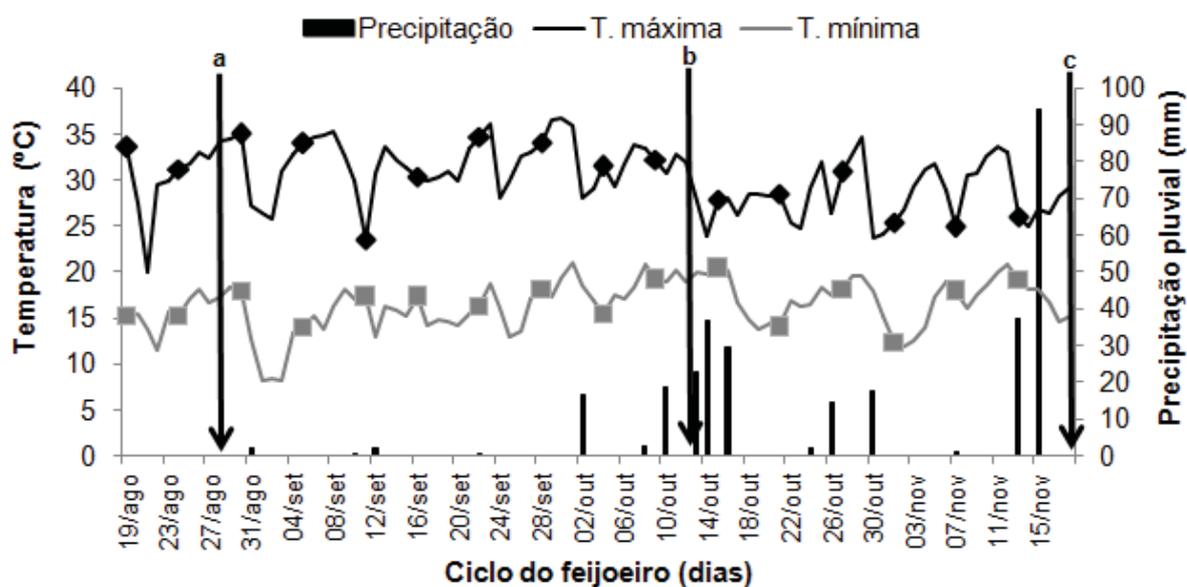
A cultivar de feijoeiro utilizada foi a IAC Formoso, do grupo comercial carioca, com ciclo médio de 85 dias, hábito de crescimento indeterminado tipo II, semi-ereto, massa de 100 grãos de aproximadamente 28 g, resistente a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e tolerante ao vírus do mosaico dourado e *Fusarium solani* (CARBONELL et al., 2010a). A semeadura diretamente sobre a palhada de milho e de *U. ruziziensis* foi realizada 19/08/11 (inverno), com 12 sementes por metro, equivalente a média de 272.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As sementes foram tratadas com inseticida fipronil (50 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> sementes<sup>-1</sup>) e fungicida carbendazim + thiram (45 + 105 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> sementes<sup>-1</sup>).

Na adubação de semeadura foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 05-15-15 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). A irrigação foi realizada com sistema tipo aspersão convencional, mantendo-se turno de rega de quatro a cinco dias dependendo das necessidades da cultura em função do estágio fenológico (SANTANA et al., 2008).

Aos 20 dias após a emergência (DAE) do feijoeiro, foi aplicado os herbicidas pós-emergentes, fluazifope-p-butílico e bentazon + óleo mineral (adjuvante oleoso) na dose de 150 g ha<sup>-1</sup> (i.a.), 480 g ha<sup>-1</sup> (i.a.) e 1 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O controle de insetos-pragas e doenças foi realizado com aplicações de propiconazol (100 g ha<sup>-1</sup> i.a.) e lambda-cialotrina (75 g ha<sup>-1</sup> i.a.) aos 8 DAE; abamectina (5,4 g ha<sup>-1</sup> i.a.) e azoxystrobin (50 g ha<sup>-1</sup> i.a.) aos 37 DAE; chlorothalonil (1.875 g i.a. ha<sup>-1</sup>), e tiametoxam + lambda-cialotrina (617 g ha<sup>-1</sup> i.a.) aos 50 DAE; tiametoxam + lambda-cialotrina (617 g ha<sup>-1</sup> i.a.) e oxicleto de cobre (162 g ha<sup>-1</sup> i.a.) aos 64 DAE.

A colheita do feijoeiro foi realizada com arranquio manual, seguida de trilha mecanizada (18/11/2011 - primavera), utilizando colhedora automotriz de parcela, quando as plantas estavam com as hastes desfolhadas e 90% das vagens secas.

Os dados climáticos registrados durante a condução da cultura do feijoeiro encontram-se na Figura 2.



**Figura 2.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C), média a cada quatro dias, nos meses de agosto a novembro de 2011, referente ao ciclo do feijoeiro: a = emergência - 29/08/11; b = florescimento pleno - 13/10/11; c = colheita - 18/11/11.

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

**Altura de plantas e de inserção da espiga principal (cm)** - 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 parcela, 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 (mm)** - considerou-se o diâmetro do segundo entrenó, a partir da base de dez plantas por parcela, dentro da área útil, por ocasião da colheita, o qual foi mensurado com uso de paquímetro digital;

**Teor de N foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - foram coletadas, no florescimento pleno, 15 folhas de plantas de milho localizadas na base da espiga principal (superior), dentro da área útil de cada parcela, escolhidas aleatoriamente, selecionando-se o terço central dessas folhas, segundo metodologia descrita por Raji e Cantarella (1997). Após a coleta, o material foi secado a 65 °C, em uma estufa com circulação forçada de ar,

por um período de 72 horas, e, em seguida, passado em um moinho. A determinação do teor de N total foi realizada segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

**Diâmetro de espiga e sabugo (mm)** - no momento da colheita foram retiradas cinco espigas representativas de cada parcela, onde foram mensuradas com uso de paquímetro digital as espigas com e sem grãos;

**Comprimento de espiga (cm)** - no momento da colheita foram retiradas cinco espigas representativas de cada parcela, medindo-se com régua graduada o comprimento de cada espiga;

**Número de fileiras, grãos por espiga e número de grãos por fileira** - no momento da colheita foram retiradas cinco espigas representativas de cada parcela, onde foi contado o número de fileiras e de grãos em cada fileira, obtendo o número de grãos por fileira;

**Massa de 1000 grãos (g)** - foi determinado pela coleta ao acaso e pesagem de quatro amostras de 1000 grãos de milho, representando a área útil de cada parcela, realizando-se sua pesagem e corrigindo para 13% de umidade (b.u.);

**Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )** - foi estimada coletando-se todas as espigas presentes em duas linhas de cada parcela. Os valores foram corrigidos a 13% de umidade (b.u.), determinado por meio do método da estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009).

Dez dias antes da semeadura e cinco dias após a colheita do feijoeiro foram realizadas as seguintes avaliações:

**Quantidade de palhada ( $\text{t ha}^{-1}$ )** - os resíduos vegetais remanescentes das espécies cultivadas no verão foram coletados em três subamostras de  $0,25\text{ m}^2$  da área útil de cada subparcela, lavados em água deionizada e submetidos à secagem em estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  até atingir peso constante, estimando-se a quantidade de palhada ( $\text{t ha}^{-1}$ );

**Cobertura morta no solo (%)** - foi avaliada a porcentagem de recobrimento do solo por fitomassa/palhada de cada subparcela (LAFLEN; AMEMIYA; HINTZ, 1981);

**Teor de N na palhada ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - após a determinação da quantidade de palhada produzida, amostras do material foram moídas e submetidas às análises laboratoriais para a obtenção do teor de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

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

**População inicial e final ( $\text{mil plantas ha}^{-1}$ )** - 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;

**Altura de plântulas (cm)** - foram medidas a altura de 10 plântulas ao acaso em cada subparcela aos dez DAE, com o auxílio de uma régua graduada;

**Teor de N foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - 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  $65^\circ\text{C}$ , por 72 horas, moídas e submetidas à análises laboratoriais para a obtenção do teor de N, de acordo com metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997);

**Medida indireta do teor de clorofila ( $\text{mg dm}^{-3}$ )** - 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 ( $\text{mg dm}^{-2}$ ) pela equação  $y = -0,152 + 0,0996x$  (BARNES et al., 1992);

**Número de trifólios** - foram coletadas cinco plantas em  $R_6$  em uma linha de cultivo em cada subparcela e determinou-se o número de trifólios completamente desenvolvidos;

**Matéria seca da planta ( $\text{g planta}^{-1}$ )** - foi realizada em  $R_6$  por meio da coleta ao acaso de 10 plantas na subparcela. O material foi lavado, colocado em estufa de circulação de ar forçada a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas, e posteriormente pesado;

**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.) (BRASIL, 2009);

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

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  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 40%. Após esse período foram realizadas as avaliações referentes às características tecnológicas dos grãos de feijão:

**Rendimento de peneira (%)** - 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. A peneira 12 acima foi composta das peneiras com crivos oblongos de 12 a 15. Após a determinação do rendimento de peneira as amostras de grãos de feijão da peneira 12 foram utilizadas para a determinação dos demais componentes tecnológicos;

**Teor de proteína bruta ( $\text{g kg}^{-1}$ )** - determinado por meio do cálculo:  $\text{PB} = (\text{N total} \times 6,25)$  onde, PB = teor de proteína bruta nos grãos ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e N total = teor de N nos grãos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997);

**Tempo para cozimento (minuto)** - realizado com o auxílio do cozedor de Mattson (DURIGAN, 1979), que consta basicamente de 25 estiletes verticais

terminados em ponta de 1/16". A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão está cozido a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1 (14 estiletos) perfuraram o grão. Para essa determinação os grãos foram hidratados em água destilada por 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 a cocção, adotando-se a escala de Proctor e Watts (1987);

**Capacidade de hidratação** - determinada por meio da metodologia adaptada por Durigan (1979), que consiste na utilização de uma proveta graduada com capacidade de 500 mL (precisão de 5 mL) e 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 como a razão entre a massa após o término da avaliação 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 média da água foi de 25 °C.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas por Tukey a 5% por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). 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.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de plantas, inserção da espiga principal e diâmetro do colmo não foram influenciados por sistema de cultivo e doses residuais de N (Tabela 1), semelhante ao observado por Borghi, Crusciol e Costa (2006), em sistema milho exclusivo e consorciado com *U. brizantha*. Em outro trabalho, Mingotte (2011), trabalhando com dois sistemas de cultivo de milho (milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis*) verificou diferença apenas para diâmetro do colmo, sendo que o sistema de milho exclusivo foi superior ao consorciado. Avaliando a altura de planta e inserção da espiga principal e o diâmetro no colmo no milho consorciado com duas espécies de braquiária (*U. ruziziensis* e *U. brizantha*), Costa et al. (2012), não observaram diferença entre as espécies, exceto para altura de planta na segunda safra, onde a *U. brizantha* foi superior.

A altura de planta e inserção da espiga é influenciada pela população de plantas, pois esta característica será maior quanto maior a população, devido ao efeito combinado da competição intra-específica por luz, com consequente estímulo da dominância apical das plantas (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001; SANGOI et al., 2002), a não interferência dos sistemas de cultivo mostra que o consórcio não afeta negativamente o desenvolvimento das plantas de milho. O colmo serve como reserva, por acumular sacarose que será utilizada por órgãos drenos (espigas), e sua competição interespecífica pode resultar em plantas com colmos mais finos e menor ganho de matéria seca, pois se trata de uma estrutura destinada ao armazenamento de fotoassimilados sujeitos ao translocamento à espiga, no entanto, não ocorreu redução no diâmetro de colmo de plantas de milho consorciado (FORNASIERI FILHO, 2007).

O teor de N foliar do milho não diferiu entre sistema de cultivo e doses residuais de N, com média de 34,4 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). Mesmo na ausência de adubação nitrogenada, os teores de N foliar estão dentro da faixa considerada adequada a cultura do milho (27 a 35 g kg<sup>-1</sup>) (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Discordando dos resultados encontrados por Borghi e Crusciol (2007), que trabalhando em dois sistemas de cultivo (milho exclusivo e consorciado com *B. brizantha*) em SPD, observaram diferenças no teor de N foliar, apenas no

segundo ano agrícola, onde o sistema consorciado apresentou maior teor quando comparado ao milho exclusivo.

**Tabela 1.** Características agronômicas do milho exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis* cultivados no verão 2010/2011 em Jaboticabal-SP<sup>1</sup>.

Tratamentos	Altura de plantas	Altura de inserção da espiga principal	Diâmetro do colmo	Teor de N foliar
	(cm)	(cm)	(mm)	(g kg <sup>-1</sup> )
Sistema de cultivo (S)				
Milho	216	132	24,8	36,3
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	221	134	23,7	32,5
CV (%)	3,24	4,88	16,58	8,05
Teste F	3,65 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	14,34 <sup>ns</sup>
Tratamentos	Diâmetro de espiga	Diâmetro de sabugo	Comprimento de espiga	Fileiras/Espiga
	(mm)	(mm)	(cm)	(n <sup>o</sup> )
Sistema de cultivo (S)				
Milho	52,9	31,9	16,8	16
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	52,4	31,8	16,5	16
CV (%)	2,94	3,78	6,11	3,44
Teste F	0,56 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
Tratamentos	Grãos/espiga	Grãos/fileira	Massa 1000 grãos	Produtividade de grãos
	(n <sup>o</sup> )	(n <sup>o</sup> )	(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )
Sistema de cultivo (S)				
Milho	573	35	361,0	10.592
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	589	36	346,3	9.029
CV (%)	11,49	14,68	10,27	13,61
Teste F	0,47 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	10,27 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> ns = não significativo pelo teste F.

Comprimento, diâmetro de espiga e sabugo não diferiram para sistema de cultivo e doses residuais de N, com médias de 16,7; 52,7 e 31,8 cm, respectivamente (Tabela 1), características estas, que determinam o potencial de rendimento do milho (OHLAND et al., 2005). O comprimento, diâmetro médio de espiga e sabugo foram maiores aos observados por Marchão et al. (2005), Ohland et al. (2005). Este fato pode estar relacionado ao número de plantas presentes no estande final, pois populações compreendidas entre 30 mil e 60 mil plantas por hectare, os genótipos de milho apresentaram incremento do comprimento de espiga em função do arranjo espacial (DOURADO NETO et al., 2003). Entretanto, verifica-

se que o comprimento e diâmetro da espiga do milho visam ao aumento da massa de grãos, pois estes atuam indiretamente para o aumento da massa de grãos (FANCELLI; DOURADO-NETO, 1999).

Com relação às características agronômicas número de fileiras/espiga, número de grãos/fileira, número de grãos/espiga e massa de mil grãos, a análise dos resultados não evidenciou diferença estatística pelo teste F para o sistema de cultivo e as doses residuais de N (Tabela 1), semelhante ao observado por Borghi e Crusciol (2007), nos sistemas milho exclusivo e consorciado com *U. brizantha* em SPD. Avaliando o consórcio entre milho e *U. ruziziensis*, Tsumanuma (2009) também não observou diferença para as variáveis em questão.

Segundo Lopes et al. (2007), não há correlação entre número de fileiras e massa de grãos por espiga, ou seja, se aumentar o número de fileiras de grãos na espiga, a massa de 1.000 grãos apresenta decréscimo insignificante, a ponto de não afetar a massa de grãos por planta, enquanto que o aumento do número de grãos é insuficiente para afetar a massa de grãos. A massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas, durante a fase de enchimento de grãos (OHLAND et al. 2005).

Quanto à produtividade não houve diferença para sistema de cultivo e doses residuais de N (Tabela 1). Analisando a produtividade de grãos sob diferentes modalidades de cultivo de milho com forrageiras do gênero *Urochloa*, Pariz et al. (2011) observaram que no sistema milho e *U. ruziziensis*, semeados simultaneamente, não houve redução na produtividade de grãos, em relação ao milho cultivado sem consórcio. Em outro trabalho, avaliando a produtividade de milho no sistema exclusivo e consorciado com *U. brizantha*, Pequeno et al. (2006), não observaram diferenças para a variável em questão. Estes resultados evidenciam a possibilidade do consórcio simultâneo de espécies de *Urochloa* com a cultura do milho em plantio direto, podendo ainda implantar a prática da ILP, conforme indicações de Noce et al. (2008) e Costa et al. (2012).

Outro fator que contribui positivamente para a produtividade dos grãos de milho foi à temperatura, a qual não ultrapassou 35 °C durante o ciclo da cultura (Figura 1), pois temperaturas acima deste patamar, principalmente durante o florescimento e enchimento de grãos podem reduzir o rendimento e alterar a

composição proteica dos grãos (FORNASIERI FILHO, 2007). Durante o ciclo da cultura a precipitação total foi de 1.203 mm (Figura 1), volume duas a três vezes superiores ao requerido pelo milho (410 a 640 mm), sendo que 616 mm foram concentrados durante o florescimento e formação dos grãos, estádios de desenvolvimento vulneráveis ao déficit hídrico, podendo afetar a produtividade (FORNASIERI FILHO, 2007).

O sistema de cultivo com milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, apresentaram maiores quantidades de palhada e de cobertura morta no solo antes da semeadura do feijoeiro, em relação à palhada exclusiva de milho (Tabela 2). Em Botucatu (SP), Souza, Soratto e Pagani (2011) obtiveram para o consórcio milho + *U. ruziziensis*, em dois anos de experimentação, elevadas produções de palhada (13,7 e 16,4 t ha<sup>-1</sup>). Após a colheita do feijoeiro os resíduos de palhada na superfície do solo foram em quantidades equivalentes, provavelmente por a palhada de milho exclusivo apresentar relação C/N maior, com decomposição mais lenta (Tabela 2). Avaliando a decomposição e liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura (milheto, *U. brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, *Crotalaria juncea*, aveia-preta e pousio) em Uberaba (MG), durante dois anos agrícolas, Torres, Pereira e Fabian (2008) verificaram que a braquiária foi à cobertura vegetal com maior taxa de decomposição, ocorrendo a maior taxa de liberação de N até 42 dias após a dessecação.

Quanto ao teor de N na palhada presente no solo antes da semeadura do feijoeiro, o mesmo foi influenciado pelo tipo de palhada, sendo que a palhada de *U. ruziziensis* exclusiva foi superior (Tabela 2). O teor de N na palhada obtido após a colheita do feijoeiro foi superior ao verificado antes da semeadura para todos os sistemas de cultivo, pois no início a quantidade de palhada foi maior, havendo o efeito de diluição do nutriente nos tecidos das plantas (Tabela 2). Os resultados obtidos apontam que durante o ciclo do feijoeiro foram liberados N e outros nutrientes pelas palhadas de milho exclusivo, milho consorciado com *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, o que pode explicar, em parte, o desempenho produtivo do feijoeiro nos três sistemas mesmo na ausência da adubação nitrogenada em cobertura, ou seja, a obtenção de produtividade em torno de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 7).

**Tabela 2.** Quantidade de palhada, cobertura morta no solo e teor de nitrogênio (N) na palhada, das culturas de milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, antes e após o cultivo do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em Jaboticabal-SP, 2011<sup>1</sup>.

Tratamentos	Quantidade de palhada (t ha <sup>-1</sup> )		Cobertura morta (%)		Teor de N na palhada (g kg <sup>-1</sup> )	
	Antes <sup>2</sup>	Após <sup>3</sup>	Antes	Após	Antes	Após
Sistema de cultivo (S)						
Milho	7,8b	6,8	55b	30	8,2b	9,8
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	13,3a	7,1	100a	39	8,9ab	12,7
<i>U. ruziziensis</i>	14,8a	5,5	100a	41	10,1a	11,3
CV(%)	23,60	19,56	6,35	32,06	15,18	38,36
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )						
0	-	5,6	-	34	-	9,5
40	-	6,3	-	41	-	9,7
80	-	6,6	-	37	-	11,7
120	-	5,8	-	36	-	10,6
160	-	8,1	-	36	-	14,6
CV (%)	-	35,68	-	23,97	-	45,91
Teste F						
S	25,10**	6,85 <sup>ns</sup>	339,83**	3,50 <sup>ns</sup>	14,80*	1,68 <sup>ns</sup>
N	-	1,65 <sup>ns</sup>	-	0,92 <sup>ns</sup>	-	1,43 <sup>ns</sup>
S × N	-	0,71 <sup>ns</sup>	-	0,92 <sup>ns</sup>	-	0,52 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> 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. <sup>2</sup> Levantamento realizado aos 10 dias antes da semeadura do feijoeiro. <sup>3</sup> Levantamento realizado aos cinco dias após a colheita do feijoeiro.

As populações iniciais e finais de plantas de feijoeiro não foram influenciadas por sistema de cultivo e doses de N (Tabela 3). Entretanto, houve redução entre as mesmas com relação ao sistema de cultivo de 1,17% no sistema milho exclusivo, 5,11% no consórcio milho + *U. ruziziensis* e 11,58% no sistema *U. ruziziensis* exclusiva (Tabela 3). A maior redução na população de plantas de feijoeiro no sistema *U. ruziziensis* exclusiva pode ser explicada pela dificuldade na semeadura devido à elevada camada de palhada na superfície do solo produzida pela cultura antecessora. O mecanismo de corte da semeadora-adubadora apresenta reduzida eficácia no corte da palhada e na formação dos sulcos, sendo as sementes depositadas no interior da massa vegetal, germinando, mas sem o contato com o solo, as plântulas não se desenvolvem, reduzindo a população final de plantas.

Trabalhando em SPD sobre palhadas de gramíneas (milho, milheto e braquiária), Gomes Junior, Sá e Muraishi (2008), também encontraram dificuldade

na semeadura do feijoeiro sobre palhada de braquiária. No entanto, deve-se destacar que os valores encontrados para essa variável estão dentro da faixa preconizada, entre 200 mil e 375 mil plantas por hectare, classificada como adequada para o desenvolvimento da cultura do feijoeiro, visto que populações inferiores a 200 mil provocam redução do rendimento e acima de 375 mil implica em aumento nos custos de produção, decorrente do maior gasto com sementes (ARAUJO; FERREIRA, 2006).

A altura de plântulas foi maior na sucessão com *U. ruziziensis* exclusiva (Tabela 3) em função do estiolamento das mesmas em busca de luz devido a elevada quantidade de palhada no solo, sem que isso tenha reflexos negativos na produtividade de grãos (Figura 7) e proporcionando redução na incidência de plantas daninhas (NOCE et al., 2008).

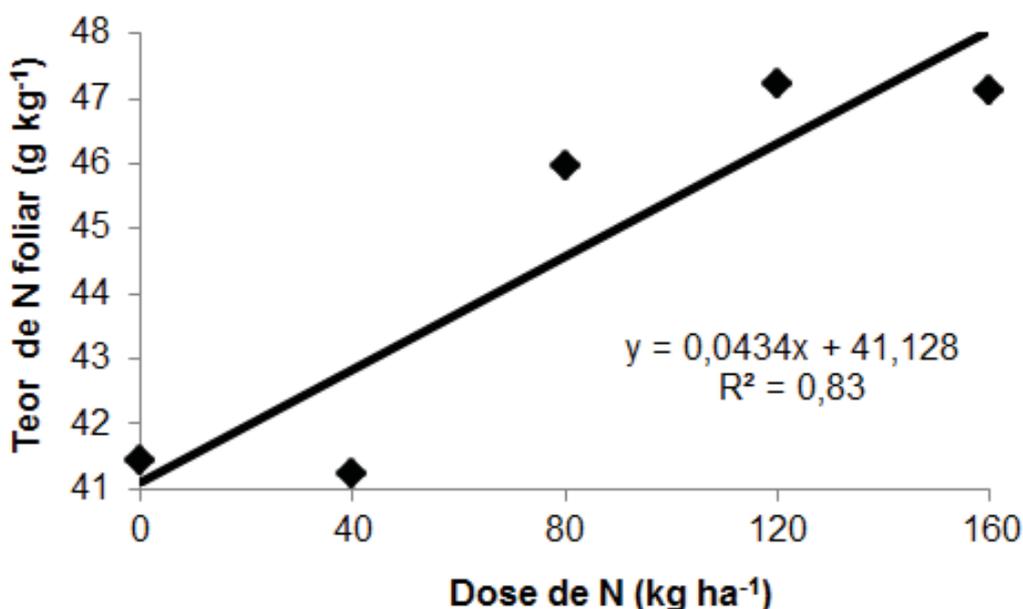
**Tabela 3.** População inicial e final de plantas e altura de plântulas do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011<sup>1</sup>.

Tratamentos	População		Altura de plântulas (cm)
	inicial	Final	
	(mil planta ha <sup>-1</sup> )		
Sistema de cultivo (S)			
Milho	257	254	8,2 c
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	274	260	9,1 b
<i>U. ruziziensis</i>	285	252	9,7 a
CV(%)	10,50	4,08	4,41
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
0	-	256	-
40	-	245	-
80	-	263	-
120	-	260	-
160	-	251	-
CV (%)	-	10,14	-
Teste F			
S	3,69 <sup>ns</sup>	2,40 <sup>ns</sup>	59,46 <sup>**</sup>
N	-	0,68 <sup>ns</sup>	-
S x N	-	0,70 <sup>ns</sup>	-

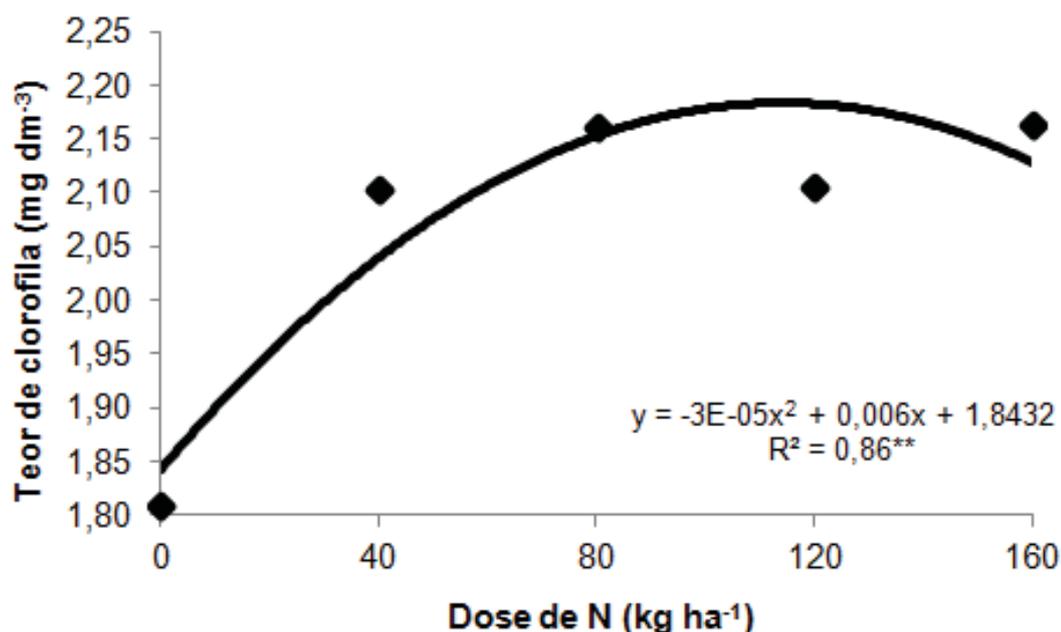
<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. \*\* significativo a 1% e ns - não significativo pelo teste F.

O teor de N foliar no feijoeiro, apresentou comportamento linear crescente (Figura 3), similar ao verificado por Binotti et al. (2009) e Fiorentin et al. (2011) no feijoeiro em SPD. Mesmo na ausência de adubação nitrogenada, os teores de N foliar estão dentro da faixa considerada adequada ao feijoeiro (30 a 50 g kg<sup>-1</sup>) de acordo com Ambrosano et al. (1997), ou seja, a quantidade disponibilizada pelos resíduos vegetais, foi suficiente para promover adequada nutrição a planta, semelhante ao observado por Fornasieri Filho et al. (2007) e Souza, Soratto e Pagani (2011).

O teor de clorofila nas folhas do feijoeiro apresentou comportamento quadrático (Figura 4), isto é justificado pelo fato do N fazer parte da molécula de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009). Soratto, Carvalho e Arf (2004) também constataram resposta quadrática do teor de clorofila com o incremento nas doses de N. Segundo esses autores, maiores doses de N disponíveis no solo aumentaram o teor do pigmento, até certo ponto, indicando a não produção de clorofila pelas plantas além da quantidade de que necessitam, ou que outros fatores podem ter limitado o aumento do teor de clorofila. Em outro trabalho, Sant'Ana, Silveira e Santos (2010), trabalhando com doses de N em cobertura no feijoeiro, também observaram efeito quadrático para o teor de clorofila no florescimento pleno.



**Figura 3.** Teor de nitrogênio (N) foliar no feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011.

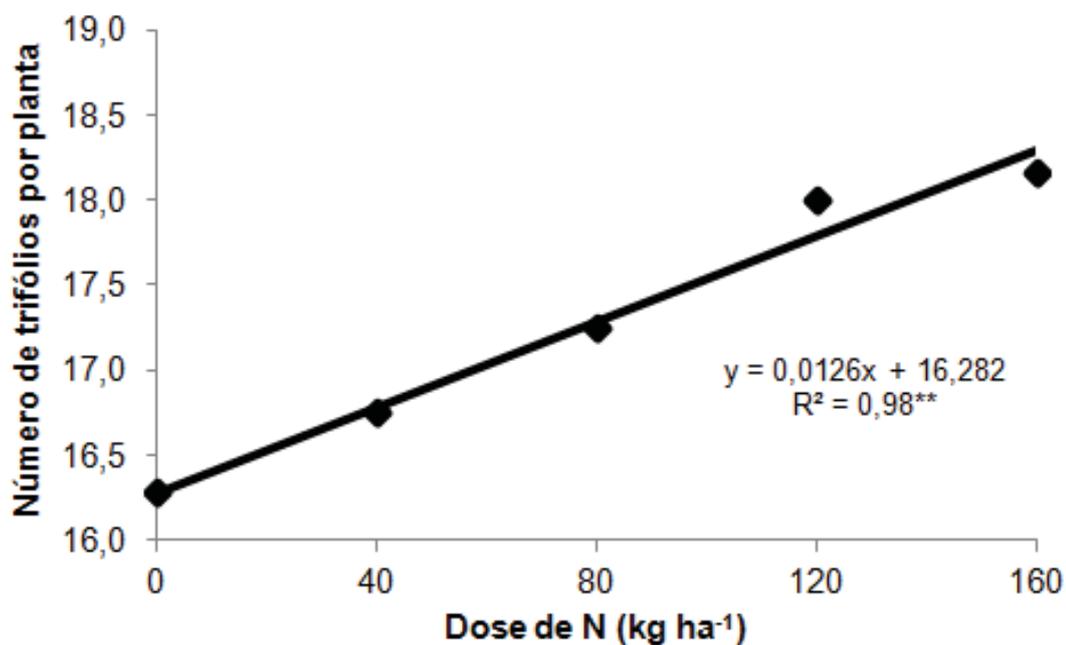


**Figura 4.** Teor de clorofila nas folhas do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011.

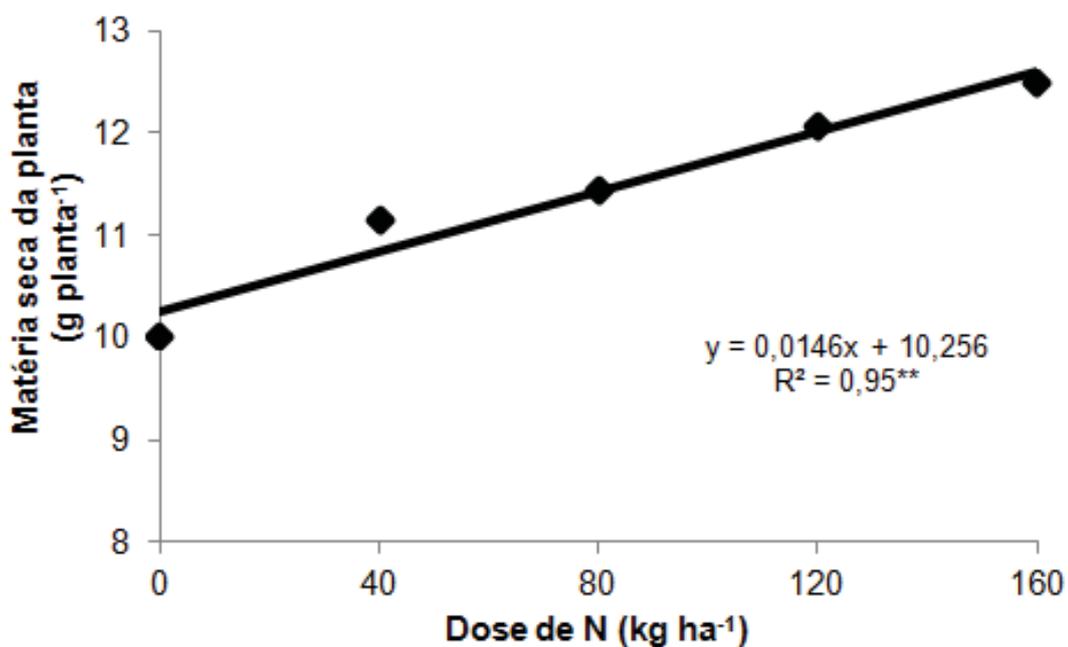
O número de trifólios aumentou de forma linear com aplicação das doses de N (Figura 5), semelhante ao verificado por Mingotte (2011), trabalhando com doses de N e sistema de cultivo em SPD. Isso pode ter ocorrido, pois o N promove a rápida expansão da folha, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética, com ganhos de produtividade de grãos (FAGERIA; BALIGAR, 2005; BINOTTI et al., 2009; SILVA et al., 2009).

Associada à quantidade de palhada presente sobre o solo, a qual pode proporcionar menor amplitude de variação da temperatura do solo, houve a produção de plantas de feijoeiro com quantidade de matéria seca da parte aérea influenciada por doses de N apresentando comportamento linear crescente (Figura 6). Sant'Ana, Santos e Silveira (2011) obtiveram efeito quadrático para o teor de matéria seca da parte aérea, atingindo seu máximo na dose de 184 kg ha<sup>-1</sup> de N, inferindo que após a floração, a planta diminui a produção de matéria seca dando preferência a translocação em detrimento ao crescimento. No experimento conduzido por Souza, Soratto e Pagani (2011), o valor médio de matéria seca foi de 12,2 g planta<sup>-1</sup> no feijoeiro semeado em sucessão a milho consorciado com *U. ruziziensis* no ano de 2008/2009, em área sob SPD a cinco anos, utilizando doses

crecentes de N (0; 35; 70 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de N), valores próximos aos verificados na presente pesquisa, porém com produtividade média de grãos de 1.063 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** Número de trifólios do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011.



**Figura 6.** Matéria seca da planta do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011.

Dentre os componentes de produção, somente a massa de 100 grãos foi influenciada pelo sistema de cultivo, com destaque para o feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* (Tabela 4), diferentemente ao verificado por Fiorentin et al. (2011), onde ocorreram diferenças significativas para o número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Os valores obtidos para os componentes de produção foram superiores aos verificados por Fiorentin et al. (2011), inclusive em relação a produtividade de grãos, porém o mesmo foi conduzido no decorrer da implantação do SPD. Stone e Moreira (2001) observaram que a produtividade de grãos do feijoeiro aumenta com o decorrer do tempo de adoção do SPD.

**Tabela 4.** Número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011<sup>1</sup>.

Tratamentos	Vagens/ planta	Grãos/ vagem	Massa 100 grãos
	(n <sup>o</sup> )		(g)
Sistema de cultivo (S)			
Milho	11,7	4,9	26,3b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	11,8	4,9	26,8ab
<i>U. ruziziensis</i>	12,1	4,8	28,1ab
CV(%)	24,45	10,41	3,82
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
0	11,7	5,1	26,8
40	11,1	4,6	26,2
80	12,3	5,0	27,6
120	12,7	5,0	27,4
160	11,6	4,8	27,3
CV (%)	16,39	10,95	5,77
Teste F			
S	0,05 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	12,99*
N	0,92 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>
S x N	0,92 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. \* significativo a 5% e ns - não significativo pelo teste F.

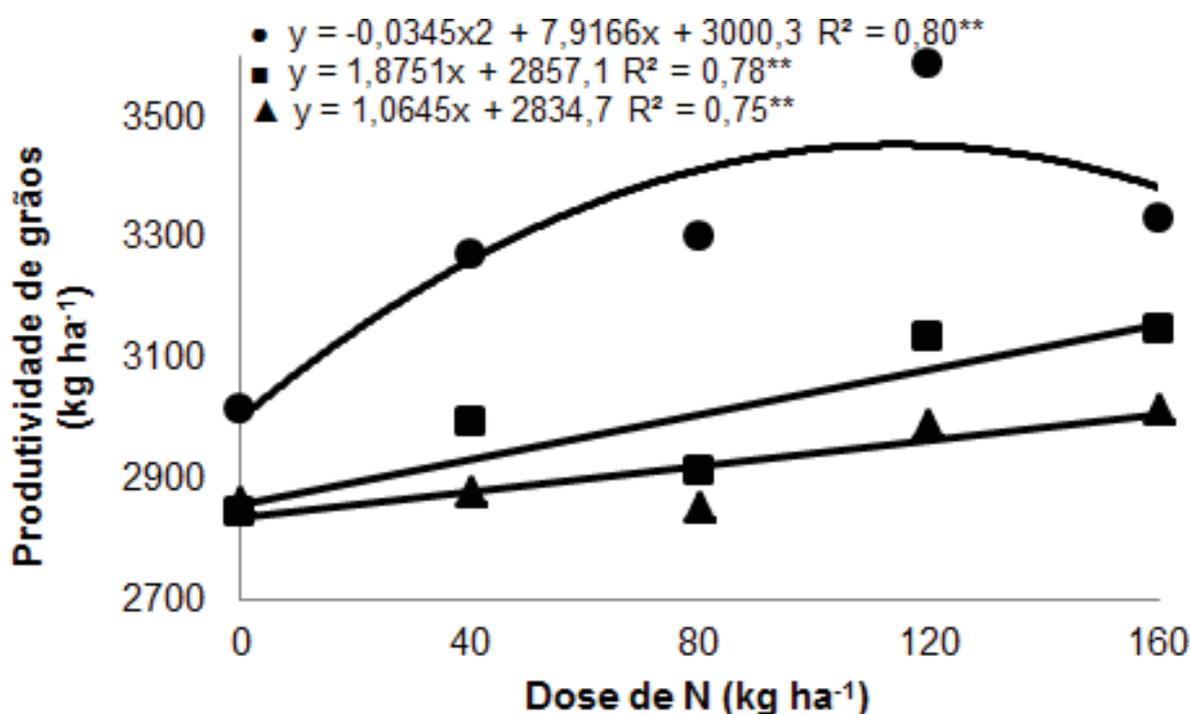
A produtividade apresentou comportamento quadrático para o sistema antecedido por *U. ruziziensis* exclusiva, atingindo sua máxima na dose 115 kg ha<sup>-1</sup> de N (3.454 kg ha<sup>-1</sup> de grãos), enquanto que os demais sistemas tiveram comportamento linear crescente (Figura 7). Mesmo a cultivar IAC Formoso não ter atingindo seu máximo potencial produtivo (4.025 kg ha<sup>-1</sup>), a produtividade média

ultrapassou 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, superando a média nacional em cerca de 2.100 kg ha<sup>-1</sup>. Trabalhando com sistema de cultivo e doses de N em SPD, Fiorentin et al. (2011) observaram que o feijoeiro em sucessão à milho exclusivo, apresentou menor rendimento de grãos, quando comparado a *U. ruziziensis*. Isso pode ser devido à menor quantidade de palhada sobre o solo, pois o SPD ainda estava em processo de implantação. Soratto, Carvalho e Arf (2004) obtiveram incrementos na produtividade do feijoeiro cultivado sob SPD em sucessão ao milho, com a adubação nitrogenada em cobertura, sendo que a produtividade máxima obtida na dose estimada de 182 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Outro aspecto a ser considerado na produtividade de grãos é o potencial da liberação de N pela mineralização da palhada ao feijoeiro. Nesse sentido, a *U. ruziziensis* pode ter liberado ao solo maior quantidade de N e outros nutrientes presentes em sua composição, em relação à palhada de milho, por apresentar menor relação C/N, possibilitando maior ciclagem de nutrientes. Gramíneas forrageiras com características perenes apresentam alta densidade de raízes, renovações periódicas do sistema radicular e distribuição uniforme dos exsudatos no solo (CUNHA et al., 2011), melhorando a biologia do solo, permitindo que estirpes de rizóbios nativos presentes no solo realizem a fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico (SILVA et al., 2009). O emprego destas espécies, principalmente braquiárias, na rotação de culturas, contribui para melhorar a estruturação do solo, adicionar matéria orgânica e na supressão de patógenos, bem como o aporte de N ao sistema de produção, de até 45 kg ha<sup>-1</sup>, em função da presença de fixadores livres na rizosfera, como bactérias do gênero *Azospirillum* (FANCELLI, 2009).

Outro fator que pode influenciar a produtividade de grãos no feijoeiro é a ocorrência de altas temperaturas na fase reprodutiva. Temperaturas diurnas acima de 30 °C e noturnas superiores a 20 °C provocam abortamento de órgãos reprodutivos como flores e vagens em formação (DIDONET; VITÓRIA, 2006). O feijoeiro teve seu desenvolvimento reprodutivo num período com temperatura diurna superior a 30 °C, apenas em duas épocas (aos 16 e 28 dias após o florescimento pleno) e quase ausência de temperatura noturna superior a 20 °C durante o ciclo (Figura 2).

Assim, a produtividade de grãos pode não ter sido influenciada tão drasticamente por essa condição climática em razão dos benefícios promovidos pela adoção do SPD, devido à formação de palhada na superfície, redução da variação térmica e maior taxa de infiltração de água no solo (SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006), associado ao uso de irrigação e tratos culturais adequados, permitindo inferir que o feijoeiro semeado em agosto, pode torna-se uma alternativa de cultivo na região. Outro detalhe importante é que o melhoramento genético vem trabalhando na busca por cultivares tolerante à alta temperatura, em razão do avanço da cultura do feijoeiro para outras regiões do Cerrado do Brasil, como o Estado do Mato Grosso (PEREIRA et al., 2012).



**Figura 7.** Desdobramento da interação entre sistema de cultivo e doses de nitrogênio (N) referente à produtividade do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em sucessão a milho exclusivo (▲), milho consorciado com *U. ruziziensis* (■) e *U. ruziziensis* exclusiva (●), em Jaboticabal-SP, 2011.

A classificação dos grãos de feijão por tamanho por meio do rendimento de peneiras foi influenciado por sistema de cultivo nas peneiras 11; 14 e 15, sendo que nas peneiras 14 e 15 o sistema antecedido por *U. ruziziensis* exclusiva foi superior, mas não houve efeito das doses de N pelo teste F e Tukey a 5% (Tabela 5).

**Tabela 5.** Rendimento de peneira (RP) 10; 11; 12; 13; 14; 15 e maior ou igual a 12, do feijoeiro cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de N em cobertura em sucessão a milho exclusivo, consórcio de milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal-SP, 2011<sup>1</sup>.

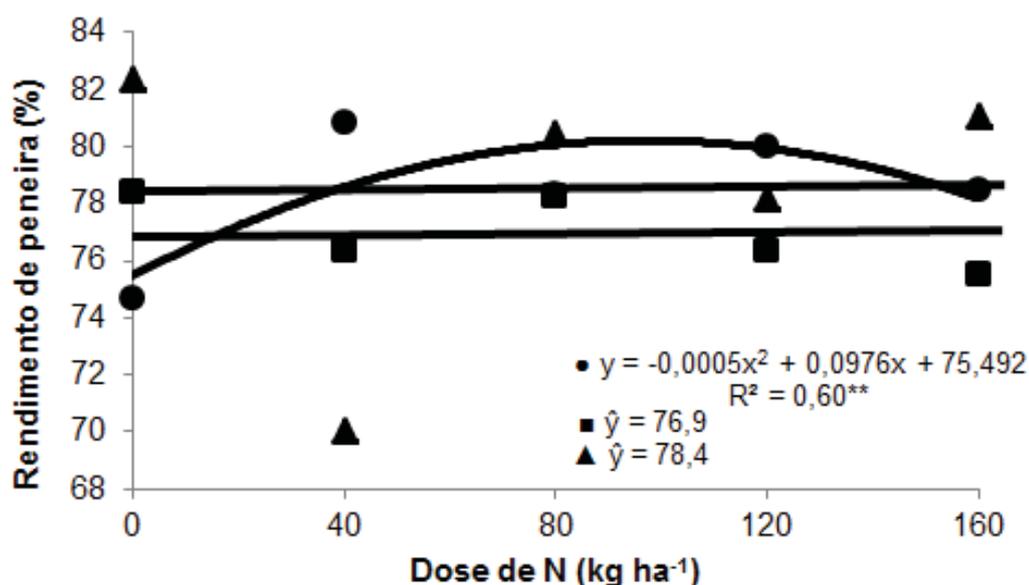
Tratamentos	Fundo												
	RP10	RP11	RP12	RP13	RP14	RP15	RP≥12						
Sistema de cultivo (S)													%
Milho	4,70	3,27	13,63a	26,90	37,95	11,59b	1,96b	78,40					
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	7,57	2,92	12,54a	24,46	39,40	11,24b	1,84b	76,97					
<i>U. ruziziensis</i>	8,01	2,91	10,62b	21,23	36,78	16,74a	3,71a	78,46					
CV(%)	56,76	20,53	11,36	19,89	7,43	18,32	40,61	3,45					
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )													
0	6,83	3,07	11,64	23,10	38,55	14,27	2,54	78,46					
40	6,34	3,52	14,39	24,46	37,48	11,46	2,35	75,75					
80	6,91	2,67	11,41	24,99	38,62	13,14	2,24	79,00					
120	6,69	3,06	12,10	24,95	37,40	13,19	2,61	78,15					
160	7,03	2,84	11,79	23,47	38,14	13,94	2,78	78,33					
CV (%)	35,11	27,48	27,77	17,52	13,73	24,88	32,50	5,27					
Teste F													
S	3,30 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	17,98*	5,23 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>	24,11**	15,84**	1,49 <sup>ns</sup>					
N	0,11 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>					
S x N	0,63 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	2,37*					

<sup>1</sup> 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.

Houve interação sistema de cultivo x dose de N para peneira maior ou igual a 12, sendo que o sistema antecedido por *U. ruziziensis* apresentou comportamento quadrático, atingindo seu máximo na dose de 97,6 kg de N ha<sup>-1</sup> (Figura 8). Para os demais sistemas, nenhum modelo matemático (linear ou quadrático) se ajustou aos valores para esta variável (Figura 8).

Destaca-se que para a peneira maior ou igual a 12, todos os tratamentos obtiveram renda de benefício acima de 75%, representando grãos mais graúdos e com maior retorno financeiro (CARBONELL et al., 2010b). Utilizando a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N parcelada em V<sub>4</sub> e R<sub>5</sub>, Soratto et al. (2006b) encontraram valores entre 84% e 87% para a cultivar Pérola. Essa cultivar é considerada padrão de comercialização no Brasil, em razão do formato e tamanho de grãos tipo carioca (RAMALHO; ABREU, 2006; CARBONELL et al., 2010b).

Impurezas e grãos de feijão retidos no fundo do conjunto de peneiras somaram 8,01% quando cultivado após *U. ruziziensis* exclusiva, 7,57% no consórcio milho + *B. ruziziensis* e 4,70% em sucessão ao milho. Esta informação pode indicar um favorecimento da qualidade pós-colheita, com relação à menor presença de impurezas e agregados de solo, em grãos de feijão quando cultivado em sistemas com maior recobrimento do solo devido à formação de palhada.



**Figura 8.** Desdobramento da interação entre sistema de cultivo e dose de nitrogênio (N) referente à peneira maior ou igual a 12 do feijoeiro, cultivar IAC Formoso, em sucessão a milho exclusivo (▲), milho consorciado com *U. ruziziensis* (■) e *U. ruziziensis* exclusiva (●), em Jaboticabal-SP, 2011.

Com relação à proteína bruta dos grãos foram obtidos valores superiores no feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva e consorciada com milho (Tabela 6), provavelmente pela acentuada quantidade de palhada da forrageira decomposta durante o ciclo do feijoeiro (Tabela 2). Fiorentin et al. (2011) e Mingotte (2011) trabalhando com sistema de cultivo e N em cobertura, respectivamente, no primeiro e segundo anos após a implantação do SPD, não observaram influência dos mesmos no teor de proteína bruta dos grãos. Por sua vez, Farinelli e Lemos (2010) em pesquisa desenvolvida sob preparo convencional do solo e SPD, utilizando cinco doses de N (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura observaram aumento no teor proteico com aplicação de N, em comparação ao tratamento onde se omitiu o N.

O tempo para cozimento não foi influenciado por sistema de cultivo e doses de N, obtendo valor médio de 15 minutos (Tabela 6), classificado de acordo com Proctor e Watts (1987) como grãos de rápida cocção e dentro da faixa preconizada como aceitável que é inferior a 30 minutos (RAMALHO; ABREU, 2006). Farinelli e Lemos (2010), Fiorentin et al. (2011) e Mingotte (2011) verificaram que com o aumento das doses de N aplicadas em cobertura houve redução no tempo para cozimento, variando de 23 a 26 minutos, de 30 a 36 minutos e de 33 a 39 minutos, respectivamente, utilizando as cultivares Pérola nos dois primeiros trabalhos e a IPR Juriti no último.

A relação de hidratação não foi influenciada por sistema de cultivo e doses de N, sendo que após 12 horas de embebição, os valores obtidos foram próximos a dois (Tabela 6). Pode-se afirmar que, após 12 horas de embebição, os grãos absorveram massa de água semelhante à sua massa inicial, concordando com os resultados de Silva, Lemos e Tavares (2006) e Farinelli e Lemos (2010).

O tempo para máxima hidratação dos grãos no sistema de milho exclusivo foi alcançado nas doses de 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> e sem aplicação de N; no consórcio milho + *U. ruziziensis* nas doses de 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> e sem aplicação de N; e no sistema *U. ruziziensis* exclusiva apenas na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 7). Nos demais tratamentos não foram alcançados o tempo para a máxima hidratação dos grãos (Tabela 7).

**Tabela 6.** Proteína bruta, tempo para o cozimento e relação de hidratação de grãos de feijão, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, em Jaboticabal-SP, 2011<sup>1</sup>.

Tratamentos	Proteína bruta	Tempo para cozimento	Relação de hidratação
	(g kg <sup>-1</sup> )	(minuto)	----
Sistema de cultivo (S)			
Milho	182,9b	15	2,06
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	240,3a	14	2,06
<i>U. ruziziensis</i>	224,6a	15	2,07
CV(%)	14,48	12,30	0,87
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
0	227,5	16	2,06
40	228,9	15	2,07
80	218,7	15	2,07
120	190,1	14	2,06
160	214,4	15	2,07
CV (%)	14,82	10,80	1,15
Teste F			
S	13,53*	0,95 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>
N	2,16 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>
S x N	0,30 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. \* significativo a 5 % e ns - não significativo pelo teste F.

Para essa característica tecnológica, preconiza-se a obtenção de valores menores que 12 horas para se atingir a máxima hidratação, uma vez que na culinária brasileira, os grãos de feijão são deixados em embebição na noite anterior ao preparo (SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006; FARINELLI; LEMOS, 2010; FIORENTIN et al., 2011; MINGOTTE, 2011). Esses resultados evidenciam a necessidade de pesquisas nessa área do conhecimento, visando verificar a influência de práticas agrônomicas nas características tecnológicas do produto em diferentes ambientes de cultivo.

**Tabela 7.** Tempo para máxima hidratação dos grãos (TH em hora:minuto) de grãos de feijão, cultivar IAC Formoso, conduzido com aplicação de doses de nitrogênio (N) em sucessão a milho exclusivo, consórcio milho + *U. ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal-SP, 2011<sup>1</sup>.

Tratamentos		Equação de regressão <sup>(1)</sup>	R <sup>2</sup>	TH (h:m)
Sistema de cultivo	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
Milho	0	$y = -0,0002x^2 + 0,1642x + 10,316$	0,91**	06:50
	40	$y = 0,0555x + 21,526$	0,72	-
	80	$y = -0,0002x^2 + 0,1634x + 10,074$	0,91**	06:49
	120	$y = 0,0559x + 20,075$	0,74	-
	160	$y = -0,0002x^2 + 0,1737x + 9,0912$	0,93**	07:14
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	0	$y = -0,0002x^2 + 0,1657x + 8,5601$	0,94**	06:54
	40	$y = -0,0002x^2 + 0,1637x + 10,322$	0,91**	06:49
	80	$y = -0,0002x^2 + 0,1633x + 10,501$	0,91**	06:48
	120	$y = -0,0002x^2 + 0,1698x + 9,8324$	0,92**	07:04
	160	$y = 0,0581x + 20,353$	0,75	-
<i>U. ruziziensis</i>	0	$y = 0,0583x + 19,716$	0,76	-
	40	$y = 0,0594x + 19,036$	0,77	-
	80	$y = 0,0581x + 19,545$	0,76	-
	120	$y = -0,0002x^2 + 0,1717x + 7,9273$	0,94**	07:09
	160	$y = 0,0583x + 20,299$	0,75	-

<sup>1</sup> x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

## 5 CONCLUSÕES

1. O consórcio entre milho e *Urochloa ruziziensis* não reduz a produtividade de grãos do milho, mostrando a viabilidade deste sistema de produção.

2. O uso de *U. ruziziensis* exclusiva ou em consórcio com milho possibilita a obtenção de maior quantidade de palhada e porcentagem de cobertura morta.

3. A adubação nitrogenada em cobertura influencia positivamente a produtividade de grãos do feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva, consórcio milho + *U. ruziziensis* e milho exclusivo. A máxima produtividade ( $3.454 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtida na dose de  $115 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para o sistema antecedido por *U. ruziziensis*. Os demais sistemas apresentam desempenho linear crescente.

4. O cultivo de *U. ruziziensis* exclusiva ou consorciada com milho permite ao feijoeiro em sucessão obter de teores elevados de proteína bruta nos grãos.

5. O feijoeiro em sucessão a *U. ruziziensis* exclusiva obtém o máximo rendimento de peneira, maior ou igual a 12 na dose de  $98 \text{ kg de N ha}^{-1}$ .

6. É viável agronomicamente cultivar o feijoeiro com a semeadura em agosto no município de Jaboticabal (SP), desde que seja em sistema plantio direto na palha e utilizar irrigação, em sucessão a gramíneas, especialmente a *U. ruziziensis*.

## 6 REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B., van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2. ed, n. 100, 1997. p. 194-195.

ARAUJO, G. A. A.; FERREIRA, A. C. B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Atual. Viçosa: Ed. UFV, 2006. cap. 5, p. 87-114.

ARAÚJO, R. MIGLIORANZA, E.; MONTAVAN, R.; DESTRO D.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MODA-CIRINO, V. Genotype x environment interaction effects on the iron content of common bean grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 4, p. 269-274, 2003.

ARF, O.; AFONSO, R. J.; ROMANINI JUNIOR, A.; SILVA, M. G.; BUZETTI, S. 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.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1317-1324, 2000.

BARNES, J. D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A. W. 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**, Madrid, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1992.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, A. C. C.; KAMIMURA, K. M. Fontes, doses e modo de aplicação de nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. 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.

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 "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 19-33, 2006.

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

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

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

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v. 1, p. 375-470.

CARBONELL, S. A. A.; CHIORATO, A. F.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS JUNIOR, E. U.; ITO, M. A.; BORGES, W. L. B.; TICELLI, M.; SANTOS, N. C. B.; GALLO, P. B. IAC Formoso: new carioca common bean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 374-376, 2010a.

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.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010b.

CAZETTA, J. O.; KANESHIRO, M. A. B.; FALEIROS, R. R. S.; DURIGAN, J. F. Comparação de aspectos químicos e tecnológicos de grãos verdes e maduros de guandu com os de feijão e ervilha. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 39-53, 1995.

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2013**. Brasília: Conab, 2013. 29 p.

COSTA, J. L. S.; RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; ALDAR, H. (Eds.) **Integração lavoura-pecuária**, 2003. p. 523-536.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho I – Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011.

DALA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

DIDONET, A. D.; VITÓRIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 199-204, 2006.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

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, Universidade de Campinas, Campinas, 1979.

DURIGAN, J. F.; FALEIROS, R. R. S.; LAM-SANCHEZ, A. Determinação das características tecnológicas e nutricionais de diversas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). I: Características tecnológicas. **Científica**, Jaboticabal, v. 6, n. 2, p. 215-224, 1978.

FAEP. **Plantio direto contribui para aumento da produção brasileira de grãos**. 2012. Disponível em: < <http://www.sistemafaep.org.br/noticia.aspx?id=1374>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

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

FANCELLI, A. L. Pesquisas certificam espécies para rotação de culturas. **Revissta Visão Agrícola**. Ed. Plantio direto. Visão Agrícola: ESALQ/Piracicaba, n. 9, p. 17-20, 2009.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: FEALQ/ ESALQ/USP, 1999. 360 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production: Crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 25 jan. 2013.

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.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em:<<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 16 set. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIORENTIN, C. F. **Influência da adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho e à braquiária em sistema de semeadura direta**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2011.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, supl. 1, p. 2825-2836, 2012.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

FORNASIERI FILHO, D.; XAVIER, M. A.; LEMOS, L. B.; FARINELLI, R. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 115-121, 2007.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L. 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.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. 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.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. 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.

FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; FURTINI NETO, A. E. F. Resposta diferencial de linhagens de feijoeiro ao nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1696-1700, 2006.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. 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.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; MATOS, F. A.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I. 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, 2005.

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

GOMES JÚNIOR, F.; SÁ, M. E.; MURAISHI, C. T. Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistema de semeadura direta e preparo convencional do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 673-680, 2008.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

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.

LAGO, F. J.; FURTINI NETO, A. E.; FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; HORTA, I. M. F. Frações nitrogenadas e eficiência nutricional em linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 440-447, 2009.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 23-56.

LAM-SANCHES, A.; DURIGAN, J. F.; CAMPOS, S. L.; SILVESTRE S. R.; PEDROSO, P. A. C.; BANZATTO, D. A. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 35-44, 1990.

LEMOS, L. B.; DURIGAN, J. F.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P. A. C.; BANZATTO, D. A. Características de cozimento e hidratação de grãos de genótipos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v.7, n. 1, p.47-57, 1996.

LEMOS, L. B.; FARINELLI, R. **Rotação do feijoeiro em sistemas de produção agrícolas**. Documentos, IAC, Campinas, 85, 2008. p. 1693-1733.

LEMOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S.; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. Características agrônômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, supl. especial, p. 133-146, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 148-241.

MALDONADO, S.; SAMMÁM, N. Composición química y contenido de minerales de leguminosas y cereales producidos en el noroeste argentino. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, v. 50, n. 2, p. 195-199, 2000.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

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

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 479-485. 2008.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MINGOTTE, F. L. C. **Adubação nitrogenada no feijoeiro de primavera em sucessão a milho e braquiária em plantio direto**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2011.

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

MORENO, C. R. ; LOPES, O. P. Endurecimento del frijol común. **Cuadernos de Nutrición**, México, v. 15, n. 2, p. 17-32, 1992.

NOCE, M. A.; SOUZA, I. F.; KARAM, D.; FRANÇA, A. C.; MACIEL, G. M. 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.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, T. K.; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S.; FRANKE, I. L. **Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 84).

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PEQUENO, D. N. L.; MARTINS, E. P.; AFFERRI, F. S.; FIDELIS, R. R.; SIQUEIRA, F. L. T. Efeito da época de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre caracteres agronômicos da cultura anual e da forrageira em Gurupi, Estado do Tocantins. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 3, p. 127-133, 2006.

PEREIRA, H. S.; ALMEIDA, V. M.; MELO, L. C.; WENDLAND, A.; FARIA, L. C.; DEL POLOSO, M. J.; MAGALDI, M. C. S. Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 165-172, 2012.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

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

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 56-59.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 415-436.

RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 335-346, 2007.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CERUTTI, T.; MAZIERO, S. M.; POERSCH, N. L. Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 267-272, 2008.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, 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, supl. 0, p. 39-45, 2003.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GARCIA, D. C. 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.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002.

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.

SANT'ANA, E. V. P.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; BRAGA, J. C.; GERVÁSIO, G. G. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 92-112, 2008.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K. Características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais afetadas por doses e manejo de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 23-31, 2008.

SANTOS, A. B.; 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. O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 543-562.

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

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. (Eds.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: UFV, 2004. p. 117-169.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade de feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.

SILVA, T. R. B.; GRUTKA, G. H. H.; MAIA, S. C. M.; FREITAS, L. B. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto sobre diferentes coberturas vegetais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 107-111, 2009.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos adubados com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 739-745, 2006.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 259-265, 2006a.

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.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 223-228, 2006b.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen fertilization on common bean after out-of-season maize intercropped with *Urochloa brizantha* and *Urochloa ruziziensis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2669-2680, 2012.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 497-506, 2010.

TIRITAN, C. S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco**. 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2001.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, 2008.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiária, em Piracicaba, SP**. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, 2009.

WUTKE, E. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação de culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 325-338, 1998.