



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Pós-Graduação em Agronomia

“Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema plantio direto”

Autor:

Flávio Ferreira da Silva Binotti

Orientador:

Orivaldo Arf

Co-orientador:

Salatier Buzetti

Ilha Solteira – SP

13/08/2009

DOUTORADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema plantio direto”

FLÁVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf
Co-orientador: Prof. Dr. Salatier Buzetti

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP
Agosto/2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

B614m Binotti, Flávio Ferreira da Silva.
Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema plantio direto / Flávio Ferreira da Silva Binotti. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009.
178 f. : il. (algumas color.)

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009

Orientador: Orivaldo Arf
Co-orientador: Salatier Buzetti
Bibliografia: p. 137-152

1. Plantas – Efeito do nitrogênio. 2. Feijão irrigado. 3. Plantio direto.
4. Nitrogênio na agricultura. 5. Uréia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e brachiaria em sistema plantio direto

AUTOR: FLAVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI
ORIENTADOR: Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof.ª. Dra. KUNIKO IWAMOTO HAGA
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS
Departamento de Producao Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof.ª. Dra. NELI CRISTINA BELMIRO DOS SANTOS
Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegocios

Data da realização: 13 de agosto de 2009.

Ofereço

A Deus e aos meus pais, pela oportunidade de mais uma conquista

Josefa Ferreira da Silva

Carlos Binotti Filho

Minha homenagem e eterna gratidão

A todos os meus ex-professores, especialmente àqueles mediadores da minha formação em Agronomia, da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira.

Dedico

Minha Noiva

Eliana Duarte Cardoso

Agradecimentos Especiais

A Deus, pela vida e oportunidades que tem me proporcionado, aos meus pais, exemplos de honestidade e dignidade, pelo sacrifício, amor e dedicação durante minha vida e minha noiva Eliana Duarte Cardoso pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio; que contribuíram muito por essa conquista, pois esteve ao meu lado nos momentos difíceis, que me fortalecem a cada dia.

Ao meu primo Eng. Agr. Eduardo Urbonas, tia Aparecida Silva Urbonas e tio João Urbonas (in memoriam), pela ajuda direta e indireta em todos os aspectos da minha vida.

A Wilson Alves Cardoso, Aparecida Duarte Cardoso, Luiz Gabriel Cardoso Novais e Cristiane Duarte Cardoso Novais, pela amizade, carinho, cortesia e pelas acomodações nos últimos meses do Doutorado.

Ao professor Dr. Orivaldo Arf pela valiosa orientação acadêmica dedicada nos últimos anos que trabalhamos juntos, que me revelou autêntica demonstração de profissionalismo, competência, humildade, confiança e companheirismo a minha pessoa, os quais me fizeram amadurecer e me desenvolver profissionalmente, aprendendo tanto com o seu trabalho quanto pela oportunidade de observar sua forma de pensar e agir, a quem considero não só como um amigo, mas como um exemplo de vida.

Ao professor Dr. Salatier Buzetti pela valiosa orientação acadêmica, atenção, auxílio prestado, pela amizade e cortesia durante o Doutorado.

Aos professores Dr. Marco Estáquio de Sá e Dr^a. Kuniço Iwamoto Haga pela atenção, auxílio prestado, principalmente pela amizade e confiança dedicados a minha pessoa durante o Doutorado.

Agradecimentos

Ao professor Dr. Marco Estácio de Sá, Drª. Kuniiko Iwamoto Haga, Drª. Neli Cristina Belmiro dos Santos e professor Dr. Leandro Borges Lemos pela participação da avaliação deste trabalho, contribuindo amplamente para torná-lo mais completo, através de suas sugestões e críticas.

A Selma Maria Buzetti de Moraes pelos valiosos auxílios nas análises de laboratório.

A Gilberto Rosa Filho, Rildo Santana do Nascimento, Jean Fernando dos Santos Sousa e Talles Eduardo Borges dos Santos pelo auxílio e amizade durante os tempos bons e difíceis na condução do trabalho em campo, contribuindo direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação.

Aos bibliotecários pela dedicação e atenção dispensadas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Aos colegas de mestrado e Doutorado Engenheiros Agrônomos Gilberto Rosa Filho, Danilo Marcelo Aires dos Santos, Fernando Miqueletti, Samuel Ferrari, Ronaldo Cintra Lima, Ana Paula da Silva de Campos; Fabiana da Silva de Campos; Ednamar Gabriela Palú e Débora Cristiane Nogueira.

Enfim, agradeço a todos que me ajudaram a ser hoje uma pessoa melhor em todos os aspectos e aqueles que até neste momento não foram lembrados, porém, jamais esquecidos.

Reflexão

A maior glória não está em nunca ter caído, mas em levantar todas as vezes que cai.

Evitamos muitos erros quando temos a humildade de aprender com a experiência dos outros.

Os verdadeiros mestres de um homem nem sempre são os seus professores, mas todos aqueles de quem, nos acasos da vida, recebe exemplo e lição.

A única derrota em nossa vida é desanimar diante das dificuldades.

Com organização e tempo, encontra-se o segredo de fazer tudo e de fazê-lo bem feito.

Mesmo para um grande sábio, não é vergonha alguma aprender sempre mais, inclusive a mudar de opinião.

É preciso escolher um caminho que não tenha fim, mas ainda assim, caminhar sempre na expectativa de encontrá-lo.

Aquele que não evita o vício fará dele o seu suplício.

O preconceito é filho da ignorância.

A boa educação é moeda de ouro, em toda parte tem valor.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Eng. Agr. FLÁVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI concluiu o Ensino Médio em dezembro de 1999 no Colégio XV de Abril, Brasil. Em março de 2000 iniciou o curso de Agronomia na Unesp – Campus de Ilha Solteira. Como aluno de graduação foi estagiário em Sistemas de produção arroz e feijão e, Beneficiamento e Tecnologia de Sementes, sendo por 35 meses bolsistas, dos quais 30 meses bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e 5 meses monitor bolsista na disciplina de Fisiologia Vegetal I e II do curso de Agronomia e Biologia. Participou também de cinco congressos brasileiros e quatro de iniciação científica dentre o qual foi premiado como Jovem Talento Científico do curso de Agronomia - tendo desenvolvido o Trabalho “Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura do feijão”, XI Reunião de Iniciação Científica da Unesp - Campus de Ilha Solteira em 2003. Concluiu o curso de graduação em dezembro de 2004 com Honra ao mérito - Melhor aluno da turma de concluintes 2004 (Agronomia), com os prêmios CRFA-SP de formação profissional de 2004 e Instituto de Engenharia. Ficou Classificado em primeiro lugar no processo seletivo do programa de Pós-graduação ao nível de Mestrado em Agronomia – Especialidade em Sistemas de Produção, na Unesp – Campus de Ilha Solteira, onde em março de 2005 iniciou o curso. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, concluindo o mesmo em Julho de 2006. Nessa mesma instituição foi classificado (1º lugar no processo seletivo) e iniciou em março de 2007 a Pós-graduação ao nível de Doutorado em Agronomia – Especialidade em Sistemas de Produção, onde obteve o título de Doutor em agosto de 2009.

Ministrou aulas no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CETEPS) para os cursos técnicos de Alimentos, Agroindústria, Agricultura, Gestão da Empresa Rural e Produção Agropecuária. Atuou como Assistente Agropecuário I na coordenadoria de Defesa Agropecuária da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SP). Possui habilitação para emissão de certificado fitossanitário de Origem (CFO/CFOC). Atualmente é membro do grupo de pesquisa – arroz irrigado por aspersão/feijão de inverno (UNESP/FEIS), possui vinte e oito resumos, trinta e nove resumo expandido em anais de eventos, nove artigo científico publicado em periódico, oito participação de banca examinadora de trabalho de conclusão de curso de graduação e vinte e uma participações em eventos.

BINOTTI, F. F. S. **Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema plantio direto**. 2009. 178f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Ilha Solteira, 2009.

Autor: Eng. Agr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Co-orientador: Prof. Dr. Salatier Buzetti

Resumo O nitrogênio é um nutriente que pode propiciar efeitos benéficos na produtividade, na qualidade química e fisiológica das sementes de feijão. Assim, é de fundamental importância saber qual o momento adequado para sua aplicação e a fonte de N a ser utilizada, além da interação com a prática da inoculação de sementes com *Rhizobium spp.*, em sistema plantio direto. O objetivo do trabalho foi o de estudar o efeito da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento, produtividade, qualidade química e fisiológica de sementes do feijoeiro de inverno no sistema plantio direto em sucessão a milho e *Brachiaria*. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x8, com quatro repetições. O trabalho foi desenvolvido em Latossolo Vermelho Distrófico argiloso, Selvíria (MS) em dois anos (2006 e 2007) e os tratamentos foram constituídos pela combinação de inoculação de sementes (presença e ausência) com *Rhizobium tropici* (estirpes SEMIA 4077 + SEMIA 4080), fontes de nitrogênio (uréia – 45% de N e Entec 26® - 26 % de N + 13% de S + inibidor da nitrificação) e modos de aplicação de nitrogênio (testemunha – sem N, 30 dias antes da semeadura – DAS, 15 DAS, semeadura, 15 dias após semeadura no estágio V₂ – DASE, 30 DASE no estágio V₄, 1/3 Semeadura + 2/3 15 DASE, 1/3 Semeadura + 2/3 30 DASE) na dose de 90 kg ha⁻¹. A uréia é o adubo nitrogenado recomendado para feijoeiro de inverno irrigado, podendo ser aplicado antecipadamente aos 15 DAS ou na semeadura e/ou cobertura. A inoculação propiciou maior teor de carboidratos (açúcares livres e amido) nas sementes, porém, não tem influência diretamente na qualidade fisiológica e produtividade.

Palavras - chave: *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium tropici*, inoculação de sementes, fonte de nitrogênio, modo de aplicação e antecipação do N.

BINOTTI, F. F. S. **Management of nitrogen in the winter common bean in succession to corn and *Brachiaria* in no tillage system.** 2009. 178f. Thesis (Doctor) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Ilha Solteira, 2009.

Author: Eng. Agr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

Adviser: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Co-Adviser: Prof. Dr. Salatier Buzetti

Abstract Nitrogen is a nutrient that may provide beneficial effects on yield, physiological and chemical quality of common bean seeds. So, it is fundamental importance to know what the right time for its application and the source of N to be used in addition to interaction with the practice of seed inoculation with *Rhizobium* spp. in no tillage system. The objective of the work was to study the effect of seed inoculation, nitrogen sources and split in the growth, yield, physiological and chemical quality of the common bean seeds in the winter in no tillage system over graminea, in a dystrophic clayey Latosol – Haplustox, MS. The work was carried out in two years (2006 and 2007) in a randomized blocks design using a factorial scheme 2x2x8 and 4 repetitions, constituted by seed inoculation with *Rhizobium tropici* (presence and absence), two sources of nitrogen (urea - 45% nitrogen and Entec 26® - 26 % de N + 13% de S + DMPP molecules aiming to inhibit nitrification) and eight stadia of nitrogen application (control without N application, 30 days before sowing – DBS, 15 DBS, at sowing – S, 15 days after sowing – DBSe, 30 DBSe, 1/3 S + 2/3 15 DBSe, 1/3 S + 2/3 30 DBSe) at 90 kg ha⁻¹. The urea nitrogen is recommended for irrigated winter common bean and can be applied in advance at 15 DBS or at sowing and/at sidedressing. The inoculation provided higher content of carbohydrates (free sugars and starch) in seeds however, does not directly influence the physiological quality and yield.

Words key: *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium tropici*, seed inoculation, nitrogen source, application way and anticipation of N.

Lista de figuras

- Figura 1** - Culturas que representam a produção de grãos no território nacional e suas contribuições em porcentagem no cenário graneleiro nacional no ano de 2008. _____ 22
- Figura 2**- Ciclo bioquímico do nitrogênio nos agroecossistemas. _____ 29
- Figura 3** - Ciclo do nitrogênio. O nitrogênio da atmosfera varia desde a forma gasosa à de íons reduzidos, antes de ser incorporado a compostos orgânicos nos organismos vivos. Algumas etapas envolvidas no ciclo do nitrogênio estão representadas. _____ 30
- Figura 4** - Representação hipotética do efeito da aplicação de N na semeadura + cobertura (A), ou antes da semeadura + semeadura (B) do milho e alterações no conteúdo de NO_3^- e da biomassa microbiana do solo, no sistema plantio direto. _____ 33
- Figura 5** - Nitrificação potencial em solos extraídos da rizosfera de quatro espécies de *Brachiaria*. _____ 36
- Figura 6** - Nitrificação de N-NH_4 de diferentes fontes de nitrogênio. _____ 36
- Figura 7** - Desnitrificação potencial em solos extraídos da rizosfera de quatro espécies de *Brachiaria*. _____ 38
- Figura 8** - Desnitrificação potencial de solos sob sistema plantio direto e convencional. _____ 38
- Figura 9** - Fontes de nitrogênio e perdas por lixiviação (ESN= uréia revestida). _____ 43
- Figura 10** - Emissões de N_2O em cultura de milho após trigo (PC = plantio convencional; PD = plantio direto; CM = cultivo mínimo). _____ 44
- Figura 11** - Produtividade de milho irrigado e recuperação aparente de nitrogênio de diferentes fontes (SA = sulfato de amônio; IN = inibidor da nitrificação; ESN = uréia revestida). _____ 44
- Figura 12** - Relação entre uma tonelada de uréia e a quantidade necessária de outros adubos nitrogenados para se obter a mesma quantidade de nitrogênio. _____ 46
- Figura 13** - Distribuição do consumo brasileiro de adubos nitrogenados. _____ 46
- Figura 14** - Perspectivas de crescimento do mercado brasileiro de uréia. Taxa de crescimento do mercado (2008-2020) de 3,4% ao ano. _____ 47

Figura 15 - Efeito do pH do solo sobre a volatilização da uréia e do sulfato de amônio. _____	48
Figura 16 - Volatilização da amônia após 15 dias da aplicação. _____	49
Figura 17 - Imagem IKONOS da área do experimento. _____	80
Figura 18 - Esquema cronológico das diferentes etapas durante a condução do experimento em campo, Selvíria (MS), 2006. _____	85
Figura 19 - Esquema cronológico das diferentes etapas durante a condução do experimento em campo, Selvíria (MS), 2007. _____	86
Figura 20 - Teores de nutrientes da fitomassa da cultura antecessora, Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____	100
Figura 21 - Retorno potencial de nutrientes da cultura antecessora, Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____	100

Lista de tabelas

- Tabela 1** - Resultados da análise química do solo na profundidade de 0-0,20 m. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 81
- Tabela 2** - Principais características das espécies de *Rhizobium nodulantes* do gênero *Phaseolus* (SANTOS, 2009). _____ 88
- Tabela 3** - População inicial e final em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 102
- Tabela 4** - Número de nódulos por planta e massa seca de planta em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 104
- Tabela 5** - Teores de nitrogênio e enxofre foliares em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 106
- Tabela 6** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de enxofre foliar em feijoeiro de inverno em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Selvíria (MS), 2007. ____ 107
- Tabela 7** - Número de vagens e sementes planta⁻¹ em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 108
- Tabela 8** - Número de sementes vagem⁻¹ e massa de 100 sementes em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 110
- Tabela 9** - Produtividade em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 111
- Tabela 10** - Desdobramento da interação significativo da análise de variância referente à produtividade em feijoeiro de inverno em função de fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006. _____ 112
- Tabela 11** - Teores de nitrogênio e aminoácidos nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 117
- Tabela 12** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de aminoácidos em sementes de feijão em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006. _____ 118

- Tabela 13** - Teores de proteína bruta e solúvel nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 119
- Tabela 14** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de proteína solúvel em semente de feijão em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006. _____ 120
- Tabela 15** - Rendimento de proteína bruta e solúvel em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 122
- Tabela 16** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao rendimento de proteína bruta em feijoeiro de inverno em função de fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006. _____ 123
- Tabela 17** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao rendimento de proteína solúvel em feijoeiro de inverno em função de fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006. _____ 123
- Tabela 18** - Teores de açúcares livres (AL) e polissacarídeos solúveis em água (WSP) nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 125
- Tabela 19** - Teores de amido e carboidrato total nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 127
- Tabela 20** - Primeira contagem de germinação (5 dias) e germinação total (9 dias) de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. ____ 129
- Tabela 21** - Primeira contagem de germinação (5 dias) e índice de velocidade de germinação de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 130
- Tabela 22** - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente primeira contagem de germinação em sementes de feijão em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006. _____ 131
- Tabela 23** - Envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 132

Lista de gráficos

- Gráfico 1** - *Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), durante a condução do experimento, Selvíria (MS), 2006. Dias antes da 1ª adubação (DAA), dias após emergência de plântulas (DAEP), dias antes da semeadura (DAS) e dias após semeadura (DASe).*_____ **82**
- Gráfico 2** - *Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), durante a condução do experimento, Selvíria (MS), 2007. Dias antes da 1ª adubação (DAA), dias após emergência de plântulas (DAEP), dias antes da semeadura (DAS) e dias após semeadura (DASe).*_____ **83**
- Gráfico 3** - *Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), no período de 4 de abril de 2006 até 8 de agosto de 2007, Selvíria (MS).*_____ **84**

Lista de abreviaturas

AL - Açúcares livres

B. - *Brachiaria*

DAA - Dias antes 1ª adubação antecipada

DAEP - Dias antes da emergência das plântulas

DAM – Dias após o manejo da fitomassa

DAPEP - Dias após da emergência das plântulas

DAS - Dias antes da semeadura

DASe - Dias após semeadura

DMPP - 3,4 dimetilpirazol-fosfato

FA - Farinha (sementes de feijão com casca moídas em moinho tipo Wiley)

FAQ - Fase aquosa

MCW - Metanol, clorofórmio e água, na proporção 12:5:3

MS - Massa Seca

N - Nitrogênio

PCA - Ácido perclórico

R. - *Rhizobium*

R1 - Resíduo 1

R2 - Resíduo 2

R3 - Resíduo 3

S - Enxofre

S1 - Sobrenadante 1

S2 - Sobrenadante 2

S2 - Sobrenadante 3

SPD - Sistema Plantio Direto

TCA - Ácido tricloroacético

WSP - Polissacarídeos solúveis em água

Lista de siglas

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA - Empresa de Pesquisa Agropecuária

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA - Instituto de Economia Agrícola

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento

UNESP - Universidade Estadual Paulista

Sumário

1. Introdução	20
2. Revisão Bibliográfica	22
2.1. Informações sobre a cultura do feijão	22
2.2. Nitrogênio	24
2.2.1. Ciclo bioquímico do nitrogênio	28
2.2.2. Mineralização e Imobilização de nitrogênio	31
2.2.3. Nitrificação e desnitrificação do nitrogênio	34
2.2.4. Perdas de nitrogênio por volatilização, lixiviação e erosão	39
2.2.5. Fixação simbiótica do nitrogênio	39
2.2.6. Fontes de nitrogênio	42
2.2.6.1. Uréia	45
2.2.6.2. Entec 26 [®] (sulfonitrato de amônio)	50
2.3. Sistema plantio direto X Planta de cobertura X Microrganismos X Nitrogênio	51
2.4. Qualidade química e fisiológica de sementes	60
2.5. A adubação nitrogenada para o feijoeiro	66
2.5.1. Interferência do manejo do nitrogênio sobre o desenvolvimento e produtividade do feijoeiro	68
2.5.2. Interferência do manejo do nitrogênio na composição química e fisiológica das sementes de feijão	74
3. Material e Métodos	80
3.1. Características do local	80
3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados	81
3.3. Histórico e manejo da área experimental	87
3.4. Instalação e condução do experimento	87
3.5. Avaliações realizadas	89
3.5.1. Desenvolvimento e produtividade	89
3.5.1.1. Determinação do teor e retorno potencial de nutrientes da fitomassa seca da cultura de cobertura.	89
3.5.1.2. Percentual de cobertura do solo	90
3.5.1.3. População de plantas inicial e final	90
3.5.1.4. Número de nódulos por planta	90
3.5.1.5. Massa seca da planta	91
3.5.1.6. Teor de nitrogênio e enxofre na folha	91
3.5.1.7. Componentes de produção	91
3.5.1.8. Produtividade	91
3.5.2. Qualidade química das sementes	92
3.5.2.1. Teor de nitrogênio das sementes	92
3.5.2.2. Teor de proteína bruta das sementes	92
3.5.2.3. Teor de proteína solúvel das sementes	93
3.5.2.3.1. Extração da proteína solúvel	93

3.5.2.3.2. <i>Quantificação da proteína solúvel</i>	93
3.5.2.4. <i>Rendimento de proteína bruta e solúvel por hectare</i>	94
3.5.2.5. <i>Teor de aminoácidos e carboidratos das sementes</i>	94
3.5.2.5.1. <i>Extração de aminoácidos e carboidratos das sementes</i>	94
3.5.2.5.2. <i>Quantificação</i>	95
3.5.2.5.2.1. <i>Aminoácidos</i>	95
3.5.2.5.2.2. <i>Carboidratos</i>	95
3.5.3. Qualidade fisiológica das sementes	96
3.5.3.1. <i>Determinação do grau de umidade</i>	96
3.5.3.2. <i>Teste de germinação</i>	96
3.5.3.3. <i>Primeira contagem de germinação</i>	96
3.5.3.4. <i>Índice de velocidade de germinação</i>	97
3.5.3.4. <i>Envelhecimento Acelerado</i>	97
3.5.3.6. <i>Condutividade elétrica</i>	97
3.6. Análise estatística	98
4. Resultados e Discussão	99
5. Considerações finais	134
6. Conclusões	136
Referências	137

1. Introdução

O Brasil é o maior produtor de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo um produto de destacada importância nutricional (proteínas e carboidratos), econômica e social. O cultivo de inverno contribui com 22 % da produção nacional, sendo que a região centro sul tem uma participação de 50 % dessa produção, com produtividade média de 2.164 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2009).

O cultivo do feijão de inverno em sistema plantio direto (SPD) é uma realidade brasileira, com viabilidade dentro de um esquema de sucessão e/ou rotação de culturas, pelo seu ciclo curto, fixação de nitrogênio, adaptações edafoclimáticas e alto potencial produtivo. A escolha da planta de cobertura é fundamental para a viabilidade do sistema e as gramíneas são as mais indicadas para o SPD nas regiões tropicais. O milho, por exemplo, é muito utilizado, por ser uma espécie com grãos comercializáveis e as *Brachiarias* se destacam por seus efeitos benéficos para o feijoeiro. O consórcio entre culturas de grãos com forrageiras, denominado de Sistema Santa Fé, propicia palhada com alta quantidade e qualidade (alto teor de lignina, polifenóis e relação C/N) para o SPD, entretanto, podem causar dificuldades durante a implantação da cultura do feijão.

Com o aumento dos preços dos fertilizantes nitrogenados, muitas vezes não refletindo o aumento do preço de venda da produção, torna-se de extrema importância o aprimoramento de práticas que promovam a maximização do aproveitamento do nitrogênio mineral, melhoria na fixação biológica do nitrogênio e sua disponibilidade para as plantas em momentos de maior absorção pela cultura, visando assim, a sustentabilidade do sistema de produção da cultura do feijão

Um questionamento muito freqüente em SPD refere-se à época mais adequada de aplicação do nitrogênio durante o ciclo da cultura e a necessidade de seu parcelamento (BARBOSA FILHO; SILVA, 2001). Neste sistema, os processos de mineralização e imobilização são muito importantes porque alteram as respostas das culturas à aplicação de nitrogênio. Nessas condições há tendência de se antecipar a aplicação de nitrogênio em relação à semeadura para que não ocorra o comprometimento da adequada disponibilidade de N às plantas em momentos de

maior exigência, em vista da eventual imobilização do nitrogênio pela microbiota do solo, evitando, assim, a diminuição da disponibilidade de N-mineral para a cultura seguinte (BARBOSA FILHO et al., 2005a).

A uréia é uma das fontes de N de maior utilização pelos agricultores, entretanto, um dos inconvenientes da uréia é a perda do N por volatilização da amônia. Visando maior eficiência dos adubos nitrogenados, recentemente foi lançado no mercado brasileiro o adubo nítrico amoniacal denominado Entec 26® [sulfonitrato de amônio que possui 26% de N total e 12% de enxofre, na sua maior parte na forma amoniacal (18,5% amoniacal e 7,5% na forma nítrica)], que apresenta em sua composição moléculas DMPP (3,4 dimetilpirazol-fosfato), que promove a inibição temporária das bactérias *Nitrosomonas*, do solo. Dessa forma, interfere no processo de nitrificação, tendo por um tempo variável maior quantidade de nitrogênio amoniacal do adubo no solo e, conseqüentemente, menores perdas de N por lixiviação e desnitrificação, além de menores riscos de contaminação ambiental. A redução na transformação do nitrogênio da forma N-amoniacal para a forma N-nítrica são caminhos que podem modificar a dinâmica do N nos sistemas de produção.

O feijoeiro apresenta condições de beneficiar-se da simbiose com rizóbio, por ser uma leguminosa. Porém, há necessidade de estudos para avaliar o efeito da inoculação com estirpes eficientes selecionadas, como do *Rhizobium tropici*, verificando, seus efeitos benéficos na melhoria de produtividade e/ou economia de adubo mineral. Para obtenção de altas produtividades de feijão é necessária a aplicação de fertilizantes nitrogenados, pois, o feijoeiro é um hospedeiro que pode nodular com espécies de rizóbios nativos do solo, que tem baixa eficiência na fixação de N, mas competem pelos sítios de infecção. Para otimização do processo simbiótico, é necessário conhecer as interações da simbiose com o manejo da adubação nitrogenada para cada sistema de cultivo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a ausência ou presença da inoculação de sementes com estirpes de *Rhizobium tropici*, fontes e modos de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento, produtividade, qualidade química e fisiológica de sementes do feijoeiro de inverno no sistema plantio direto em sucessão a milho e *Brachiaria*.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Informações sobre a cultura do feijão

O Brasil é o segundo produtor mundial de feijoeiros do gênero *Phaseolus* e o primeiro da espécie *Phaseolus vulgaris*. A importância dessa produção deve-se ao fato do feijão, além de se constituir um dos alimentos básicos da população brasileira, é um dos principais produtos fornecedores de proteína na dieta alimentar das classes sociais, economicamente dos menos favorecidos. No Brasil, a média atual de consumo de feijão é de cerca de 12,7 kg hab⁻¹ ano⁻¹, existindo preferências de cor, tipo de grão e qualidade culinária em algumas regiões do País (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2009).

As culturas que ocuparam as maiores participações na produção nacional de grãos em 2008 foram a soja, com 41,2 %, o milho com 40,3 %, o arroz com 8,3 %, trigo 4,1 % e o feijão aparece em quinto lugar com 2,3 % da participação (Figura 1).

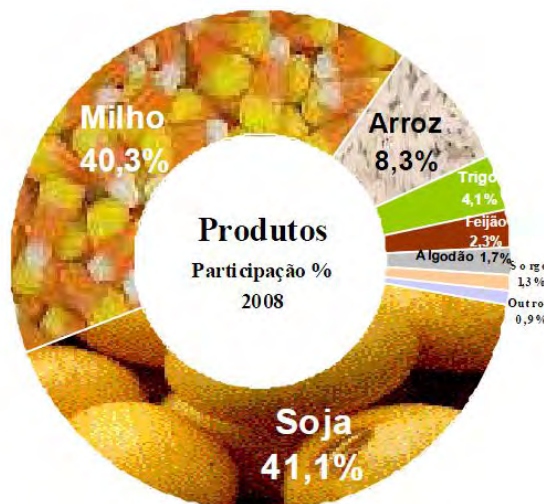


Figura 1 - Culturas que representam a produção de grãos no território nacional e suas contribuições em porcentagem no cenário graneleiro nacional no ano de 2008.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (2009)

A produção total brasileira estimada de feijão para safra de 2008/09 foi de 3.763.600 toneladas, com uma área plantada de 4.087.800, 3.993.000 e 4.183.300 hectares e com produtividades médias de 817, 882 e 900 kg ha⁻¹ nas safras de 2006/07, 2007/08 e 2008/09, respectivamente (CONAB, 2009). A produtividade média da cultura do feijão no Brasil, no entanto, é considerada baixa, uma vez que, utilizando técnicas mais adequadas de cultivo, existe possibilidade, em curto prazo, de duplicar ou mesmo triplicar a produtividade obtida com essa cultura.

A comercialização do feijão no mercado interno é muito instável devido a sua rápida perda de qualidade e à grande influência que exercem os "atravessadores" na formação do preço final do produto. O preço médio recebidos pelos agricultores por saca de 60 kg de feijão foi de R\$ 132, R\$ 110, R\$ 81 e R\$ 78 reais, para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2009, respectivamente. Verifica-se uma variação nos preços, com valores de R\$ 216 reais por saca, para dezembro de 2007, até valores de R\$ 28 reais por saca, para março de 2000, evidenciando os maiores preços para todo o ano de 2008 e final de 2007 (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA- IEA, 2009).

O feijão tem uma ampla adaptação edafoclimática que permite seu cultivo, durante todo o ano, em quase todos os estados da federação, sendo possível explorar a cultura em três épocas diferentes, no mesmo ano: a safra "das águas", cujo cultivo é feito de agosto a novembro, com predominância na Região Sul; a safra "da seca" realizado de janeiro a março, abrangendo a maioria dos estados produtores e a safra "de inverno", de abril a julho. O advento da 3^o safra contribuiu para um grande avanço tecnológico da cultura, que implica, para uma boa produção, a utilização de alta tecnologia e a administração da lavoura em moldes empresariais. A produção de feijão de inverno no sistema irrigado por aspersão, com predominância do pivô central, está concentrada nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste, nos Estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo (EMBRAPA, 2009).

A área plantada com feijão da terceira safra foi de 824, 813 e 780 mil hectares, com produtividades médias de 941, 1.024 e 969 kg ha⁻¹ nas safras de 2006/07, 2007/08 e 2008/09, respectivamente, tendo o estado do Mato Grosso do Sul uma produtividade média de 1.100, 1.510 e 1.333 kg ha⁻¹ nas safras de 2006/07, 2007/08 e 2008/09, respectivamente, para o feijoeiro de inverno (CONAB, 2009).

O feijoeiro é exigente em nutrientes devido, principalmente, do seu sistema radicular superficial, além de seu ciclo curto (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

Através dos principais indicadores do setor de fertilizantes brasileiro verificou-se, um consumo, produção e importação 22.429.232 t, 8.875.905 t e 15.411.586 t de fertilizantes em 2008, sendo 8,8 %, 9,6 % e 12,1 % menor que em 2007, respectivamente. A quantidade de produto agrícola, saca de feijão de 60 kg necessário para adquirir 1 tonelada de fertilizantes foi de 6,2 para o ano de 2008 (ANDA ,2009).

Pela ordem crescente de absorção, os nutrientes mais absorvidos pelo feijoeiro são: macronutrientes: N>K>Ca>Mg>S>P – nitrogênio >potássio >cálcio >magnésio >enxofre >fósforo. micronutrientes: Fe>Mn>Zn>B>Cu>Mo – ferro >manganês >zinco >boro >cobre >molibdênio. As quantidades médias de macronutrientes exportadas por tonelada de grãos de feijão são: 32,2 kg de N, 3,7 kg de P, 18,6 kg de K, 3,2 kg de Ca, 3,1 kg de Mg e 9,2 kg de S. As quantidades médias de micronutrientes exportadas por tonelada de grãos são: 7,5 g de B, 3 g de Cu, 20 g de Fe, 6 g de Mn, 0,75 g de Mo e 15 g de Zn (OLIVEIRA; FAGERIA, 2003).

Os teores adequados de nutrientes nas folhas do feijoeiro (em %), na época do florescimento são, para macronutrientes: N (2,8-6,0), P (0,25-0,50), K (1,8-2,5), Ca (0,8-3,0), Mg (0,25-0,70) e S (0,20-0,25). Os teores adequados dos micronutrientes, em mg/kg, são: B (30-60), Cu (10-20), Fe (100-450), Mn (30-300) e Zn (20-100), segundo Oliveira e Fageria (2003).

O fornecimento de nutrientes ao feijoeiro é de fundamental importância, principalmente o nitrogênio, que em geral é o exigido em maiores quantidades (MALAVOLTA, 1979).

2.2. Nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela maior parte das culturas. Entre as deficiências nutricionais que ocorrem nas culturas, a de nitrogênio é a mais freqüente. Além disso, em condições adversas, principalmente as relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do

solo, época e método de aplicação do fertilizante, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Em decorrência disso, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50 a 60%. O N que pode ser disponibilizado às plantas e que define o potencial produtivo das culturas provém do ar atmosférico, no caso da maioria das leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

As plantas superiores são capazes de absorver o nitrogênio sob diferentes formas: aminoácidos, uréia, amônio e, predominantemente, sob a forma de nitrato. As leguminosas, indiretamente, através de fixação biológica, podem aproveitar o nitrogênio molecular do ar, assimilado a partir de amidas ou ureídios. Quando se utiliza o adubo na forma amoniacal, além da acidez gerada na reação de nitrificação, a própria absorção do íon amônio libera prótons H^+ no meio, provocando um abaixamento do pH. A absorção do nitrato pelas plantas provoca um aumento de concentração de ácidos orgânicos, como ácido málico, funcionando como um mecanismo de neutralização. O nitrogênio protéico é a maior fração existente no tecido vegetal, correspondendo em torno de 80 a 85% do N total (FLOSS, 2008).

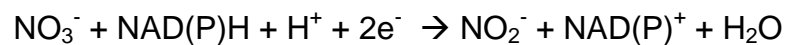
Em cada 100g de proteína há 16,5% de nitrogênio. Assim, sementes com altos teores de proteína são grandes exportadores de nitrogênio. Além de ser constituinte dos aminoácidos protéicos e livres, o nitrogênio está presente em outros compostos nitrogenados importantes. Destaque-se a formação de bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas), constituintes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), perfazendo em torno de 10% (FLOSS, 2008).

A assimilação de nutriente – em particular do nitrogênio – requer uma série complexa de reações bioquímicas, que estão entre as reações de maior demanda energética dos organismos vivos. Na assimilação do nitrato (NO_3^-), o nitrogênio desse composto é convertido em uma forma mais energética, o nitrito (NO_2^-) e, então, em uma forma ainda mais energética, o amônio (NH_4^+), e finalmente em nitrogênio-amida da glutamina. Plantas como as leguminosas, por exemplo, estabelecem uma relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, para converter o nitrogênio molecular (N_2) em amônia (NH_3), que é o primeiro produto

estável no processo natural de fixação; entretanto, em pH fisiológico, a amônia é protonada para formar o íon amônio - NH_4^+ (TAIZ; ZEIGER, 2004).

ASSIMILAÇÃO DO NITRATO (TAIZ; ZEIGER, 2004)

As plantas assimilam a maioria do nitrato absorvido por suas raízes em compostos orgânicos nitrogenados. A primeira etapa do processo é a redução do nitrato em nitrito no citoplasma. A enzima nitrato redutase catalisa a reação:



onde NAD(P)H indica NADH ou NADPH.

Nitrato redutase é a principal proteína contendo molibdênio encontrada nos tecidos vegetativos em um dos sintomas da deficiência do molibdênio é o acúmulo de nitrato, devido a diminuição da atividade da nitrato redutase.

O nitrito (NO_2^-) é um íon altamente reativo e potencialmente tóxico. As células vegetais transportam rapidamente o nitrito originado pela redução do nitrato do citosol para o interior dos cloroplastos nas folhas e nos plastídios das raízes. Nessas organelas, a enzima nitrito redutase reduz o nitrito a amônio de acordo com a seguinte reação geral:

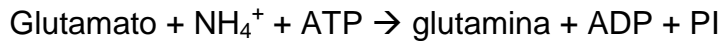


onde a Fd representa a ferredoxina e os símbolos subscritos red e ox, são forma reduzida e oxidada, respectivamente.

ASSIMILAÇÃO DO AMÔNIO (TAIZ; ZEIGER, 2004)

As células vegetais evitam a toxicidade do amônio pela rápida conversão do amônio gerado a partir da assimilação do nitrato ou da fotorrespiração em aminoácidos. A principal via para esta conversão envolve a ação seqüencial da

glutamina sintetase e da glutamato sintase. A glutamina sintetase (GS) combina o amônio com o glutamato para formar a glutamina:

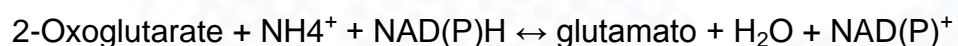


As plantas possuem duas classes de GS, uma no citosol e a outra nos plastídios das raízes ou nos cloroplastos das partes aéreas. As formas citosólicas são expressas durante a germinação de sementes ou no feixe vascular das raízes e partes aéreas, produzindo glutamina para o transporte do nitrogênio intracelular. A GS nos plastídios das raízes forma o nitrogênio amida que é consumido localmente, enquanto que a GS dos cloroplastos das partes aéreas reassimila o NH_4^+ da fotorrespiração. Os níveis elevados de glutamina nos plastídios estimulam a atividade da glutamato sintase (GOGAT). Essa enzima transfere o grupo amida da glutamina para o 2-oxoglutarato, produzindo duas moléculas de glutamato. As plantas possuem dois tipos de GOGAT (um recebe elétron do NADH e, o outro, elétrons da ferredoxina – Fd).

A enzima do tipo NADH (NADH-GOGAT) esta localizada nos plastídios de tecidos não-fotossintetizantes como raízes e feixes vasculares de folhas em desenvolvimento. Nas raízes a NADH-GOGAT esta envolvida na assimilação do NH_4^+ absorvido da rizosfera, enquanto que, nos feixes vasculares de folhas em desenvolvimento, a NADH-GOGAT assimila a glutamina translocada das raízes ou das folhas senescentes.

A glutamato sintase do tipo ferredoxina-dependente (Fd-GOGAT) é encontrada nos cloroplastos e age no metabolismo fotorrespiratório do nitrogênio. Tanto a quantidade da proteína quanto a sua atividade aumentam com os níveis de luz. As raízes, em particular naquelas sob nutrição com nitrato, tem Fd-GOGAT nos plastídios. Provavelmente, a finalidade da Fd-GOGAT das raízes seja incorporar a glutamina gerada durante a assimilação do nitrato.

A glutamato desidrogenase (GDH) catalisa uma reação reversível que sintetiza ou desamina o glutamato:



Uma forma NADH-dependente do GDH é encontrada nas mitocôndrias e uma forma NAD(P)H-dependente ocorre nos cloroplastos de órgãos fotossintéticos. Embora ambas as formas sejam relativamente abundantes, elas não podem substituir a rota da GS-GOGAT para a assimilação do amônio, tendo como função principal desanimar o glutamato.

Uma vez assimilado em glutamina e glutamato, o nitrogênio é incorporado em outros aminoácidos por meio de reações de transaminação.

2.2.1. Ciclo bioquímico do nitrogênio

O nitrogênio está presente em diversas formas na biosfera. A atmosfera contém uma vasta quantidade (cerca de 78% por volume) de nitrogênio (N_2). Porém, esse grande reservatório de nitrogênio não está diretamente disponível para os organismos vivos. A obtenção de nitrogênio da atmosfera requer a quebra de uma ligação tripla covalente de excepcional estabilidade, entre os dois átomos de nitrogênio ($N\equiv N$) para produzir amônia (NH_3) ou nitrato (NO_3^-). Tais reações, conhecidas como fixação de nitrogênio, podem ser obtidas por processo industrial e por processo natural (TAIZ; ZEIGER, 2004).

No sistema solo-planta de um agroecossistema (Figura 2) as principais formas de adição de N podem ser caracterizadas como sais de amônio e nitratos trazidos pela precipitação pluviométrica; aplicação de fertilizantes nitrogenados, obtidos através da fixação industrial do N_2 atmosférico pelo homem; aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal ou vegetal; fixação biológica do N_2 , realizada por microrganismos, de forma simbiótica e assimbiótica (SILVA, 2005).



Figura 2- Ciclo bioquímico do nitrogênio nos agroecossistemas.

Fonte: (PICCOLO, 2005)

Muitos compostos bioquímicos presentes nas células vegetais possuem nitrogênio. Por exemplo, o nitrogênio é encontrado no nucleosídeo fosfato e nos aminoácidos que formam a estrutura dos ácidos nucléicos e das proteínas, respectivamente. Apenas elementos como oxigênio, o carbono e o hidrogênio são mais abundantes nas plantas que o nitrogênio. A maioria dos ecossistemas naturais e agrários apresenta um expressivo ganho na produtividade após serem fertilizados com nitrogênio inorgânico, atestando a importância desse elemento. Os processos naturais fixam nitrogênio, por meio dos seguintes processos (TAIZ; ZEIGER, 2004):

- Relâmpagos. Os relâmpagos são responsáveis por aproximadamente 8% do nitrogênio fixado. Convertem o vapor de água e oxigênio em radicais hidroxilas livres altamente reativos, em átomos de hidrogênio livres e em átomos de oxigênio livre, que atacam o nitrogênio molecular (N_2) para formar o ácido nítrico (HNO_3). Posteriormente, esse ácido nítrico precipita a Terra junto com a chuva.

- Reações fotoquímicas. Cerca de 2% do nitrogênio fixado é derivado de reações fotoquímicas entre óxido nítrico gasoso (NO) e ozônio (O₃), produzindo o ácido nítrico (HNO₃).
- Fixação biológica do nitrogênio. Noventa por cento (90%) do nitrogênio restante resultam da fixação biológica, nos quais as bactérias ou algas azuis (cianobactérias) fixam o N₂ em amônio (NH₄⁺).

Uma vez fixado o amônio ou o nitrato, o nitrogênio entra no ciclo biogeoquímico, passando por várias formas orgânicas ou inorgânicas antes de, eventualmente, retornar a forma de nitrogênio molecular (Figura 3).

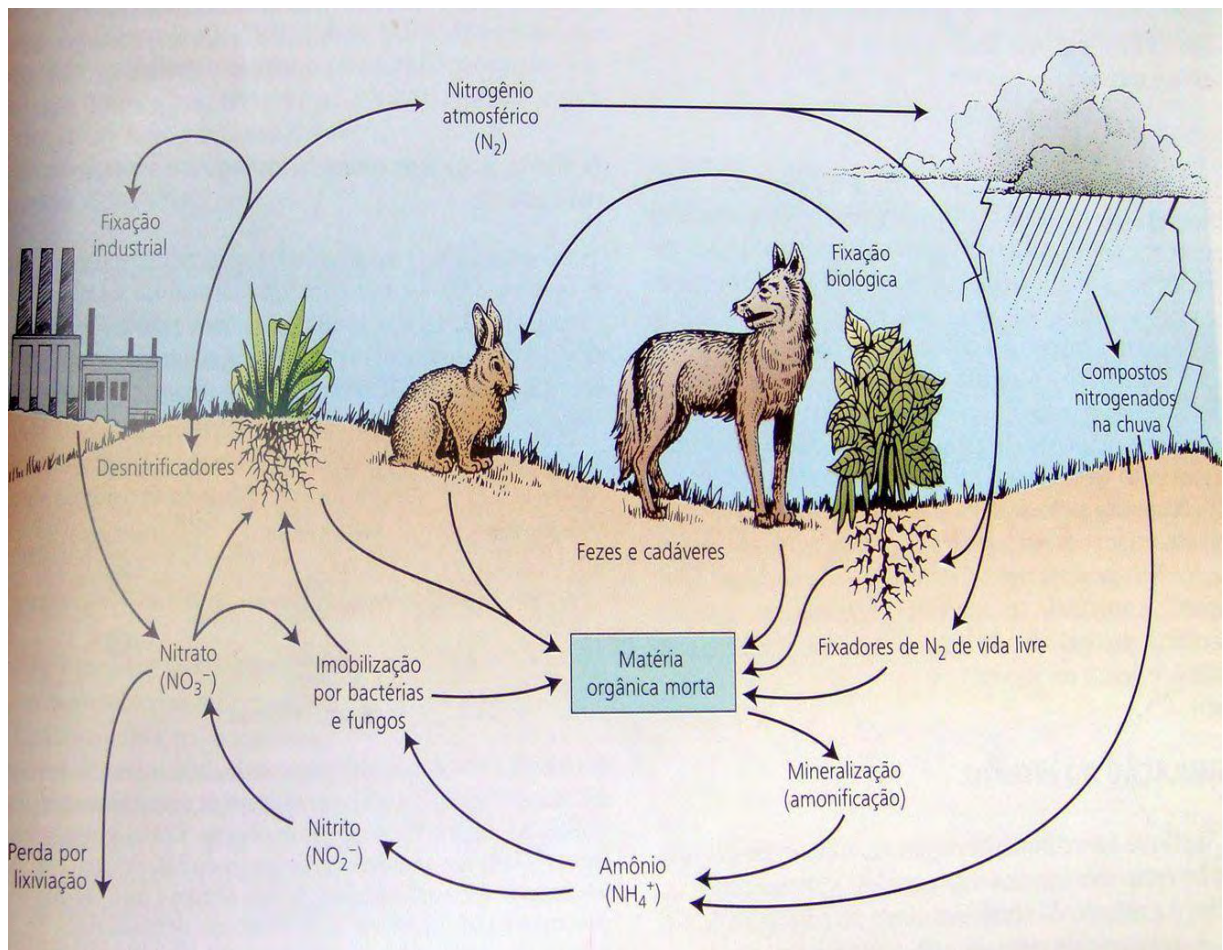


Figura 3 - Ciclo do nitrogênio. O nitrogênio da atmosfera varia desde a forma gasosa à de íons reduzidos, antes de ser incorporado a compostos orgânicos nos organismos vivos. Algumas etapas envolvidas no ciclo do nitrogênio estão representadas.

Fonte: Taiz e Zeiger (2004).

Os íons amônios (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻) gerados pela fixação ou liberados por decomposição da matéria orgânica do solo, tornam-se objetos de intensa

competição entre plantas e microrganismos. Para permanecerem competitivos, os vegetais desenvolveram mecanismos para capturar esses íons, a partir da solução do solo, tão rápido quanto possível. Sob as concentrações elevadas no solo, que ocorrem após a fertilização, a absorção do amônio e do nitrato pelas raízes pode exceder a capacidade de uma planta em assimilar esses íons, levando ao seu acúmulo nos tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.2.2. Mineralização e Imobilização de nitrogênio

De acordo com Calegari et al. (1998) a mineralização da matéria orgânica é um processo dinâmico caracterizado pela transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (como os ácidos orgânicos e húmus) ou mineralizadas (como nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc). Este processo ocorre mais intensamente nas regiões tropicais e está diretamente ligado às condições de umidade, temperatura, aos microrganismos e às características mineralógicas do solo. A elevada taxa de decomposição dos resíduos vegetais nas regiões quentes e úmidas contribui para a imediata liberação dos nutrientes que foram absorvidas pelas plantas. Além disso, a rápida decomposição pode contribuir para diminuição dos patógenos.

Pela mineralização, a matéria orgânica, especialmente restos orgânicos de origem mais recente, é decomposta, com a liberação de gás carbônico e formam minerais de nitrogênio, bem como enxofre e fósforo. A liberação de nitrogênio mineral da matéria orgânica é favorecida por valores baixos da relação C/N da matéria orgânica. A mineralização do nitrogênio orgânico processa-se por diversas etapas e as reações, promovidas por microrganismos, culminam com a formação de nitrato (RAIJ, 1991). Para que se estabeleça esse processo, é necessário a ocorrência da reação de aminação, que é a decomposição hidrolítica de proteínas e liberação de aminas e aminoácidos. Em meio neutro as bactérias são dominantes na quebra de proteínas com o envolvimento de alguns fungos e actinomicetos, mas sob condições ácidas, os fungos prevalecem. A reação de amonificação, é representada

pelo processo que retoma o nitrogênio incorporado para a forma de amônia. Uma população muito diversificada de bactérias (aeróbicos e anaeróbicos), fungos e actinomicetos são capazes de liberar amônio (HAVLIN et al., 2005, citados por SANTOS, 2009).

A mineralização é a conversão do N orgânico em N mineral (NH_4^+ e NO_3^-), realizada por microorganismos quimiorganotróficos. Esse processo, nos agroecossistemas, é governado pelas condições edafoclimáticas, onde a temperatura, a umidade, a relação C/N dos resíduos vegetais, a textura do solo, o pH e o tipo de argila são os principais fatores controladores do mesmo. A velocidade de decomposição/mineralização e, conseqüente utilização do N contido no adubo verde, resíduos de culturas comerciais e plantas daninhas, depende de suas características, principalmente a relação C/N, lignina/N e polifenóis/N, teor de N de lignina e de polifenóis. Existem fatores ambientais que também afetam a disponibilidade do N no solo para as plantas, relacionados à sua ação sobre a atividade de microorganismos decompositores, destacando-se a temperatura e a umidade, o teor e a localização da matéria orgânica do solo e a quantidade de resíduo vegetal deixado ou adicionado ao solo (AMADO et al., 2002).

De acordo com Barber (1995) citado por Santos (2009), aproximadamente 2% do nitrogênio no solo é mineralizado a cada ano. Presumindo uma camada de solo de 0,20m de espessura e densidade de 1,3, isto representa de 10 a 200 kg N anual liberado do solo. Como a maioria dos solos apresenta um total de N na faixa de 0,05 a 0,1% N, eles liberam de 25 a 50 kg ha^{-1} N por ano. Normalmente, o teor de N total da camada de 0 a 0,20m dos solos brasileiros cultivados varia de 0,05 a 0,5% de N, o que equivale de 1.000 a 10.000 kg ha^{-1} (MALAVOLTA, 1980). Isto representa disponibilidade de 20 a 200 kg ha^{-1} de N.

A imobilização de nitrogênio consiste na incorporação de nitrogênio na forma mineral ao protoplasma dos microrganismos. O processo é favorecido em solos com relação C/N muito acima daquela encontrada em solos cultivados bem drenados, situada em torno de 10, ou quando são incorporados ao solo restos orgânicos frescos de relação C/N alta (RAIJ, 1991).

Sá (1999) verificou efeito da aplicação de nitrogênio na semeadura + cobertura (A), ou antes da semeadura + semeadura (B) do milho, e suas alterações no

conteúdo de NO_3^- e da biomassa microbiana do solo, no sistema plantio direto (Figura 4).

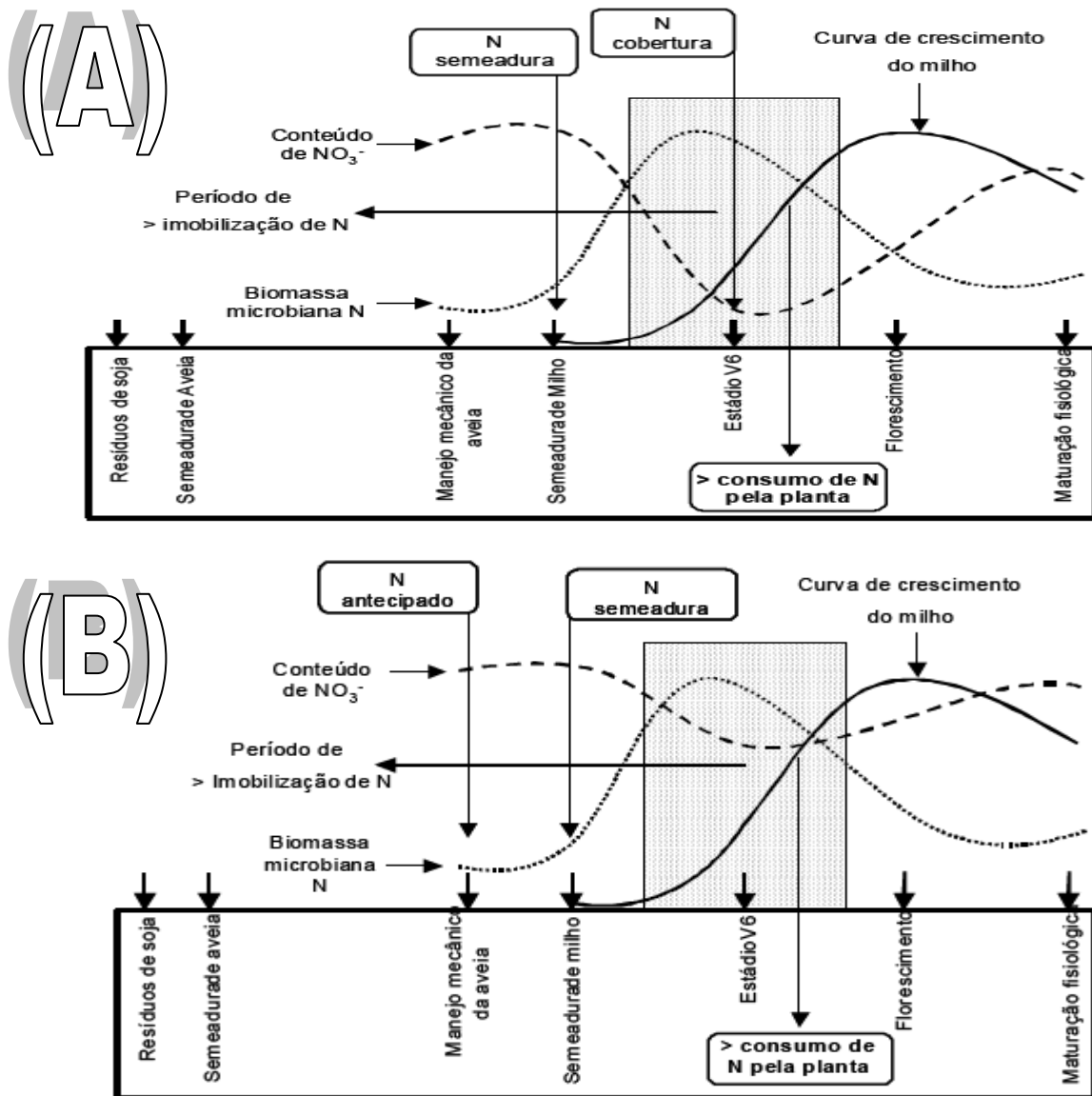


Figura 4 - Representação hipotética do efeito da aplicação de N na semeadura + cobertura (A), ou antes da semeadura + semeadura (B) do milho e alterações no conteúdo de NO_3^- e da biomassa microbiana do solo, no sistema plantio direto.

Fonte: Sá (1999).

A imobilização caracteriza-se no fenômeno oposto a mineralização, representando a passagem do N na forma mineral, oriundo dos fertilizantes minerais ou orgânicos (reimobilização) para a forma orgânica, entretanto, esse processo além de ser promovido por microorganismos quimiorganotróficos, é realizado, também,

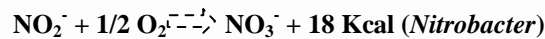
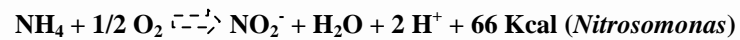
pelas plantas através da assimilação e incorporação em seus tecidos. Apesar da redução drástica do teor de N mineral no solo na presença de resíduos de alta relação C/N (>30:1), a imobilização não representa uma perda irreversível de N para a cultura subsequente, em virtude da população microbiana não crescer indefinidamente, começando a ocorrer progressiva liberação de N a partir do ponto em que o carbono facilmente oxidável começa a desaparecer (LOPES et al., 2004).

A maioria dos pesquisadores considera a relação C/N de 25/1 como o ponto de equilíbrio, onde inferior a essa começa a ocorrer liberação de N para o solo. Ressalta-se, entretanto, que esses processos ocorrem no solo simultaneamente, podendo ocorrer a reimplantação e remineralização do mesmo "pool" de N. Mas, se por um lado a biomassa microbiana imobiliza o nitrogênio, diminuindo a sua disponibilidade para as culturas, por outro, pode se constituir em uma fonte de nitrogênio potencialmente mineralizável. Os nutrientes imobilizados pela comunidade microbiana podem atingir valores elevados, mas a sua reciclagem e liberação são mais rápidas do que as de outras frações da matéria orgânica do solo. À medida que ocorre a morte dos microrganismos, estes são rapidamente mineralizados pelos microrganismos remanescentes, liberando os nutrientes imobilizados no processo conhecido como remineralização (MARY et al., 1996). Tal processo pode suprir uma quantidade significativa de nitrogênio para as plantas (BONDE, 1988).

2.2.3. Nitrificação e desnitrificação do nitrogênio

A nitrificação constitui-se na oxidação do N amoniacal (forma mais oxidada do nitrogênio no solo, N_2O). Esse processo é mediado, predominantemente, por microrganismos quimiolitotróficos especializados, onde as bactérias do gênero *Nitrosomonas* transformam NH_4^+ a NO_2^- , e as do gênero *Nitrobacter* transformam NO_2^- a NO_3^- . O processo é acidificante para o meio em virtude da liberação de H^+ durante as reações (VICTÓRIA et al., 1992).

NITRIFICAÇÃO



Em sistemas agrícolas a nitrificação promove aumento do nitrato o qual é o produto final do processo, sendo que isso provoca aumento do N solúvel na solução do solo e esse N não é adsorvido pelos minerais de argila por ser um ânion, portanto não se acumula no solo e tende a ser lixiviado para os rios, lagos e águas subterrâneas (desfavorável do ponto de vista da qualidade do meio ambiente) (PICCOLO, 2005).

A nitrificação é um bom indicador da atividade biológica e fertilidade do solo. É um processo sensível às alterações do ambiente, e pode ser medido com razoável precisão e, por isso, tem sido bastante usado para avaliar os efeitos de vários poluentes químicos na biologia do solo. Deve-se salientar, porém, que uma redução na nitrificação não é de todo indesejável, por permitir uma maior manutenção do nitrogênio na superfície do solo, já que o íon amônio pode ser adsorvido por seus colóides (VICTORIA et al., 1992).

Em um trabalho em um solo podzólico Vermelho-Amarelo sob quatro espécies de *Brachiaria*, López et al. (1998) observaram (Figura 5), que o potencial de nitrificação no solo extraído da zona de influência das raízes nos tratamentos *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria radicans* e *Brachiaria humidicola* aumentou sensivelmente, nesse sentido. Tal fato somente não foi observado para *Brachiaria decumbens* que, a taxa de nitrificação neste tratamento, foi praticamente nula. Na Figura 6 estão apresentados os resultados de nitrificação do N-NH₄ de diferentes fontes de nitrogênio

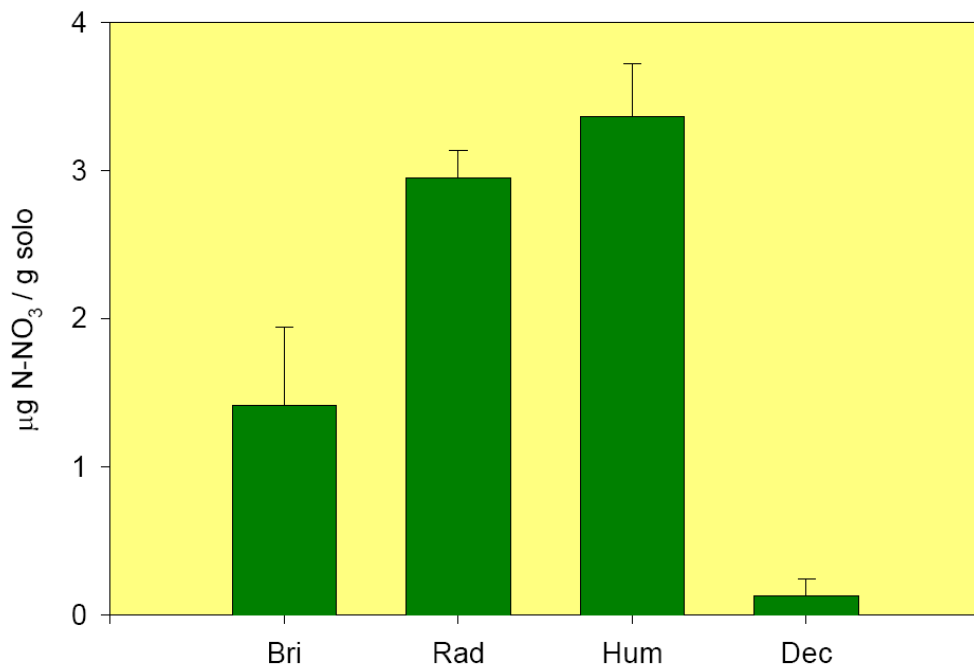


Figura 5 - Nitrificação potencial em solos extraídos da rizosfera de quatro espécies de *Brachiaria*.
Fonte: (LÓPEZ et al., 1998).

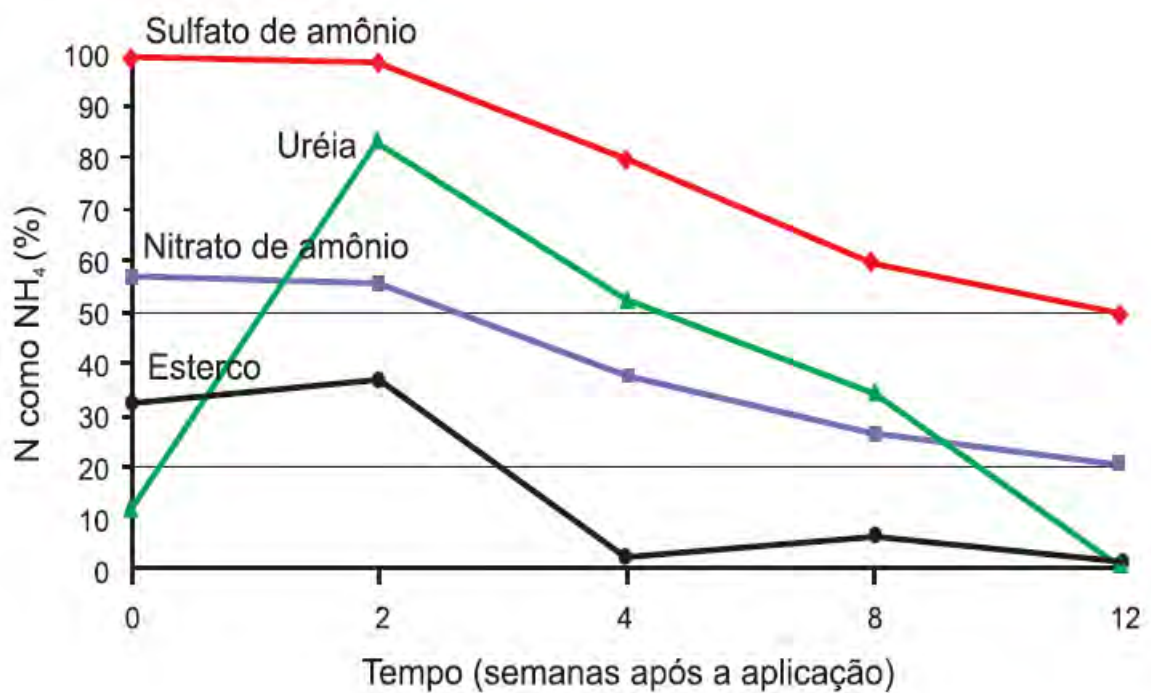


Figura 6 - Nitrificação de N-NH₄ de diferentes fontes de nitrogênio.
Fonte: Sims (1991) citado por Collamer (2007).

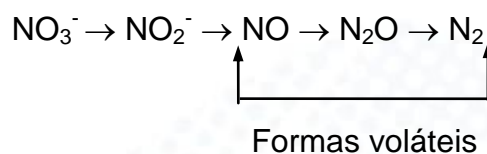
A discussão da desnitrificação está intimamente ligada ao destino do NO_3^- no solo. Geralmente o NO_3^- no solo tem 3 destinos (CASSINI, 2009):

Assimilação – refere-se a sua assimilação pela biomassa de plantas. Este processo é realizado por enzimas denominadas genericamente de redutases, que convertem o NO_3^- em NH_4^+ , o qual é incorporado em carbono orgânico gerando aminoácidos para a síntese protéica.

Desassimilação ou volatilização – refere-se ao processo de desnitrificação. Neste caso os microrganismos heterotróficos utilizam o nitrato como acceptor final de elétrons e prótons, no processo de respiração anaeróbia. As enzimas que realizam este processo são, também, denominadas redutases. As primeiras transformações nesta seqüência de eventos são semelhantes ao processo assimilativo (Nitrato redutase e nitrito redutase).

Lixiviação – O ânion NO_3^- tem grande mobilidade no solo, devido a prevalência de cargas negativas. Assim, o nitrato presente em horizontes superficiais do solo pode facilmente ser percolado e acumular em lençóis freáticos.

O processo de desnitrificação consiste na redução microbiana de nitrito e nitrato com a liberação de nitrogênio molecular e óxido nitroso (N_2O). É, também, conhecida como desnitrificação enzimática. Na desnitrificação o N é perdido ou volatilizado para a atmosfera. Ela é essencialmente um mecanismo respiratório em que o nitrato substitue o oxigênio molecular, e por isso é, também, denominada de respiração de nitrato.



Em um trabalho em um solo podzólico Vermelho-Amarelo sob quatro espécies de *Brachiaria*, López et al. (1998) observaram (Figura 7) que o potencial de desnitrificação apresentou um comportamento que, no geral, tendeu ao oposto do observado para o potencial de nitrificação, onde claramente destaca-se a influência de *B. decumbens* com o mais alto potencial de desnitrificação. Para este fato, não se tem uma explicação clara, mas poderia se pensar que *B. decumbens* condiciona o

desenvolvimento de uma comunidade microbiana desnitrificante. Através da evolução de $N-N_2O$ (em um período de 72 horas) observou-se tendência maior desnitrificação em solos sob plantio direto (Figura 8).

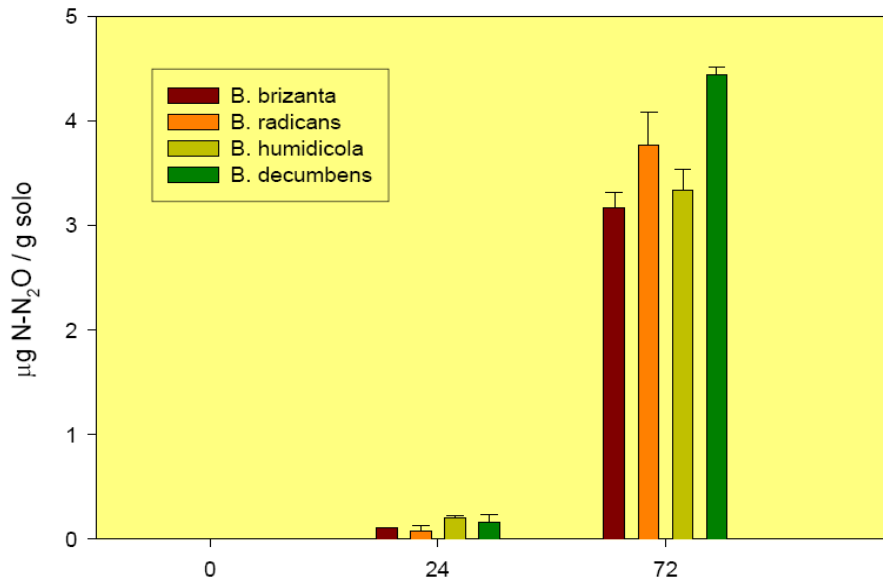


Figura 7 - Desnitrificação potencial em solos extraídos da rizosfera de quatro espécies de *Brachiaria*.
Fonte: (LÓPEZ et al., 1998).

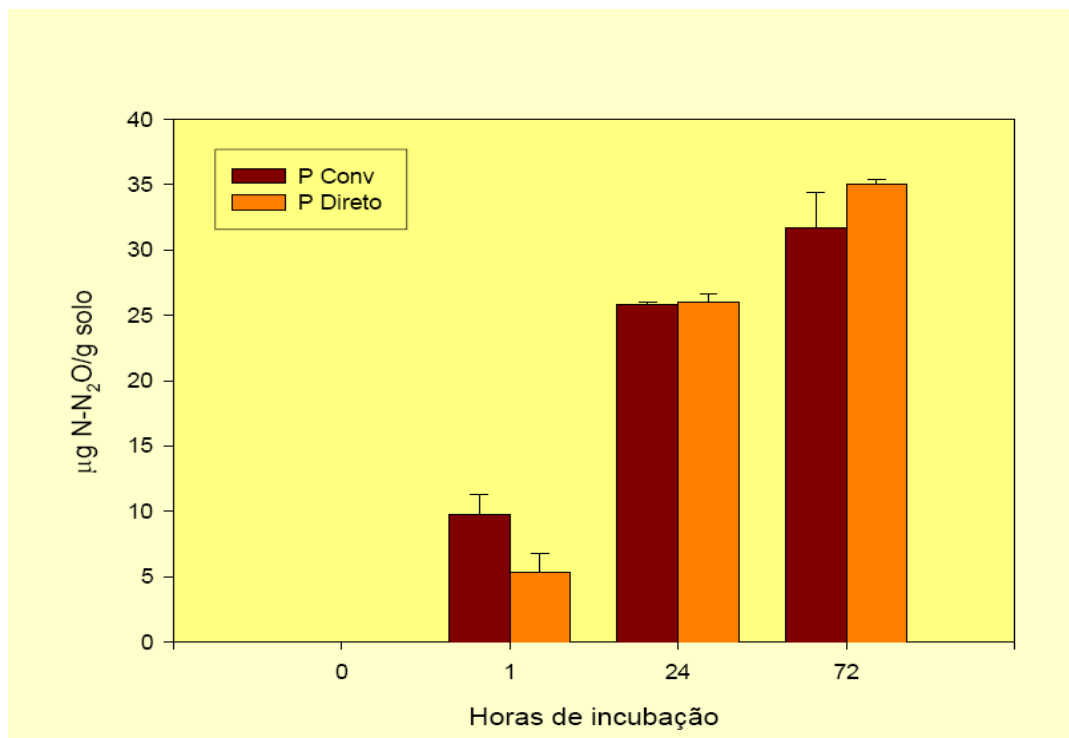


Figura 8 - Desnitrificação potencial de solos sob sistema plantio direto e convencional.
Fonte: (LÓPEZ et al., 1998).

2.2.4. Perdas de nitrogênio por volatilização, lixiviação e erosão

A volatilização caracteriza-se numa forma de perda gasosa de N como NH_3 , que ocorre pela hidrólise enzimática da uréia no solo, condicionada por diversos fatores como: temperatura do solo, vento, umidade do solo, umidade relativa do ar, resíduos vegetais, teor de matéria orgânica do solo, textura do solo e presença da enzima urease. A diminuição do potencial de perdas ocorre quando esse gás passa para o íon amônio (NH_4^+), que depende do pH em torno do grânulo da uréia e da umidade do solo.

Outra forma de perda do nitrogênio é por lixiviação, sendo que a mesma ocorre em ordem crescente: N-orgânico > NH_4^+ > NO_3^- . Como a maioria dos solos apresentam cargas negativas, os ânions indiferentes com relação à carga negativa do solo, como NO_3^- , não são retidos e, portanto, tornam-se passíveis de arrastamento pelas águas de percolação (RAIJ, 1991).

As perdas por erosão envolvem todas as formas de N no solo e são dependentes da declividade da área, erodibilidade do solo, regime pluviométrico, natureza da vegetação e adoção de práticas conservacionistas. No processo de erosão pelo escoamento superficial, a principal forma arrastada é a matéria orgânica do solo e/ou resíduos em fase de decomposição, devido à sua menor densidade e localização principalmente na superfície do solo. A remoção pelos produtos agrícolas de origem vegetal ou animal, necessariamente, não se constitui em uma perda de N, porque o elemento é parte integrante do produto e indispensável a sua obtenção. Contudo, sob ponto de vista de retirada do solo pode ser considerada uma perda.

2.2.5. Fixação simbiótica do nitrogênio

A fixação biológica representa a forma mais importante de fixar o nitrogênio atmosférico N_2 em amônio, representando, assim, o ponto-chave do ingresso do

nitrogênio molecular no ciclo biogeoquímico do nitrogênio. Certas bactérias podem converter o nitrogênio atmosférico em amônio. A maior parte desses organismos procariontes fixadores de nitrogênio tem vida livre no solo. Poucos formam associações simbiotes com plantas superiores, nas quais o procarionte fornece diretamente a planta hospedeira o nitrogênio fixado em troca de outros nutrientes e carboidratos. Tais simbioses ocorrem nos nódulos formados nas raízes dos vegetais contendo bactérias fixadoras (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A simbiose entre as leguminosas e os rizóbios não é obrigatória. As plântulas de leguminosas desenvolvem-se sem qualquer associação com rizóbios e podem permanecer em tal condição durante todo o seu ciclo de vida. Os rizóbios, também, ocorrem como organismos de vida livre no solo, entretanto, sob condições limitantes de nitrogênio, os simbiotes procuram uns aos outros, por meio de uma elaborada troca de sinais. A sinalização, o processo de infecção e o desenvolvimento de nódulos fixadores de nitrogênio envolvem genes específicos tanto da planta hospedeira quanto dos simbiotes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Através do processo de fixação biológica do nitrogênio algumas bactérias pertencentes ao gênero *Rhizobium* conseguem infectar as raízes do feijoeiro, formar nódulos e fixar biologicamente o nitrogênio do ar (N_2), fornecendo esse nutriente que, de outro modo, teria que ser adicionado via fertilizante (HUNGRIA, 1994). Malavolta (1987), Arf (1994) consideram que o feijoeiro, sendo uma leguminosa, é capaz de suprir parte de sua exigência em nitrogênio através do processo de fixação simbiótica, conseguindo fixar através desse processo de 20 a 30 % do nitrogênio que necessita, contribuindo dessa forma para economia da adubação nitrogenada. Porém, essa capacidade é bastante inferior se comparada à cultura da soja que consegue fixar de 40 a 70% da sua exigência em nitrogênio.

Segundo Rosolem (1996), o feijoeiro por possuir um sistema radicular pequeno e pouco profundo, deve ser cultivado em solos com pH em H_2O na faixa de 6,0 a 6,5, para maior eficiência do aproveitamento da fixação simbiótica, evitando a fitotoxicidade de alumínio e de manganês e prevenindo a deficiência de micronutrientes, sendo ainda, de fundamental importância, o efeito da calagem no crescimento radicular, o que torna a planta mais apta a produzir quando as condições hídricas são adversas.

Atualmente buscam-se fontes alternativas de nitrogênio que propiciem um melhor aproveitamento do mesmo por parte da planta ou, em outras palavras, que propiciem uma liberação desse nutriente de forma gradativa, proporcionando maior produtividade e rentabilidade. O emprego da inoculação na cultura do feijoeiro com *Rhizobium* ssp. vem crescendo em meios aos produtores, uma vez que resultados experimentais evidenciam que o potencial de fixação de nitrogênio do feijoeiro em campo pode chegar até 110 kg ha⁻¹ por cultivo, embora para maioria das cultivares utilizados no Brasil, que apresentam boa nodulação e ciclo de 80 a 90 dias, a fixação de nitrogênio pode ficar em torno de 30 kg ha⁻¹ por cultivo, tendo em vista os padrões médio brasileiros de adubação para cultura do feijoeiro (SANTOS, 2009).

A fixação biológica do nitrogênio nem sempre consegue suprir todo o nitrogênio necessário para que o feijoeiro tenha altos rendimentos porque, acredita-se que isto ocorra por causa da falta de carboidratos para suportar altas taxas de fixação de nitrogênio nos nódulos presentes no sistema radicular na fase posterior ao início da floração, quando a planta tem maior exigência de nitrogênio para suportar as altas taxas de crescimento de vagens e grãos. Nessa fase, toda a atividade metabólica da planta é direcionada para as vagens e os grãos em crescimento e, por conseqüência, não há suprimento adequado de carboidratos para suportar a fixação biológica do nitrogênio e sua incorporação em esqueletos de carbono, produzindo aminoácidos no sistema radicular (OLIVEIRA; FAGERIA, 2003).

Os organismos procariontes simbióticos fixadores do nitrogênio liberam amônia que, para evitar a toxicidade, deve ser rapidamente convertida em formas orgânicas nos nódulos da raiz, antes de serem transportadas pelo xilema da parte aérea. As leguminosas fixadoras de nitrogênio podem ser divididas em exportadoras de amidas ou exportadoras de ureídas, com base na composição da seiva do xilema. As amidas (principalmente os aminoácidos asparagina ou glutamina) são exportadas por leguminosas de regiões temperadas, tais como ervilha (*Pisum*), trevo (*Trifolium*), fava (*Vicia*) e lentilha (*Lens*). As uréidas são transportadas por leguminosas de origem tropical, tais como soja (*Glycine*), o feijão (*Phaseolus*), o amendoim (*Arachis*) e a *Vigna* (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.2.6. Fontes de nitrogênio

Os fertilizantes de liberação controlada fazem parte de um grupo maior de produtos denominados genericamente de fertilizantes de eficiência aprimorada. Vários produtos, antigos ou novos, estão sendo vistos com amplo interesse devido a modificações recentes no contexto agrônomo e ambiental. Estes produtos possuem diferentes modos de ação, sendo os principais: (a) inibidores ou de estabilização, (b) compostos orgânicos sintéticos não revestidos, mas de disponibilidade lenta, e (c) fertilizantes solúveis revestidos (BLAYLOCK, 2007).

- **Inibidores ou de estabilização**

São produtos que reduzem as perdas de N por retardarem a conversão das formas originais do fertilizante em formas que podem ser facilmente perdidas. O tempo de proteção varia de dias a semanas e o efeito se manifestará se houver condições reais para as perdas (BLAYLOCK, 2007).

- **Compostos orgânicos sintéticos não revestidos, mas de disponibilidade lenta**

Estes produtos protegem o N por adiarem sua disponibilidade através da necessidade de decomposição bioquímica dos compostos. A proteção é mais longa que a do primeiro grupo, variando de semanas a meses. A taxa de liberação do N irá depender da estrutura química, do peso e do grau de polimerização molecular, e ainda, das condições ambientais. A liberação é lenta, mas não pode ser controlada (BLAYLOCK, 2007).

- **Fertilizantes solúveis revestidos**

São produtos com N na forma tradicional, porém revestidos, o que propicia uma barreira física contra a exposição do nutriente. Enquadram-se basicamente em dois tipos de recobrimento, com enxofre ou com polímeros. No caso do

recobrimento: com enxofre, a disponibilidade do nutriente ocorrerá através da destruição da cobertura, o que irá depender basicamente da espessura de recobrimento e das condições ambientais. Os polímeros utilizados são poliuretanos e poliolefinas, sendo que, neste caso, a liberação se dá através da difusão pela camada de cobertura, determinada pela característica química do polímero, da espessura, do processo de cobertura e da temperatura do meio. Os polímeros propiciam condições de controle e podem ser produzidos para sincronizar a liberação do N de acordo com as necessidades nutricionais das plantas ao longo do ciclo de cultivo (BLAYLOCK, 2007).

Observa-se que os mecanismos de redução das perdas de N ocorrem basicamente através de dois processos:

- Controle das transformações, visando diminuir as conversões do produto em formas suscetíveis de perdas, e
- Proteção física das formas solúveis, visando evitar a exposição do produto aos mecanismos de perdas. As principais formas de perdas são: lixiviação, emissões na forma de N_2O (desnitrificação) e volatilização (BLAYLOCK, 2007).

Dentre os inúmeros estudos realizados com esses produtos, destacam-se os que levam à diminuição das perdas de N por lixiviação (Figura 9), à diminuição na emissão de N_2O (Figura 10) e a maior eficiência de utilização de N pela cultura do milho (Figura 11).

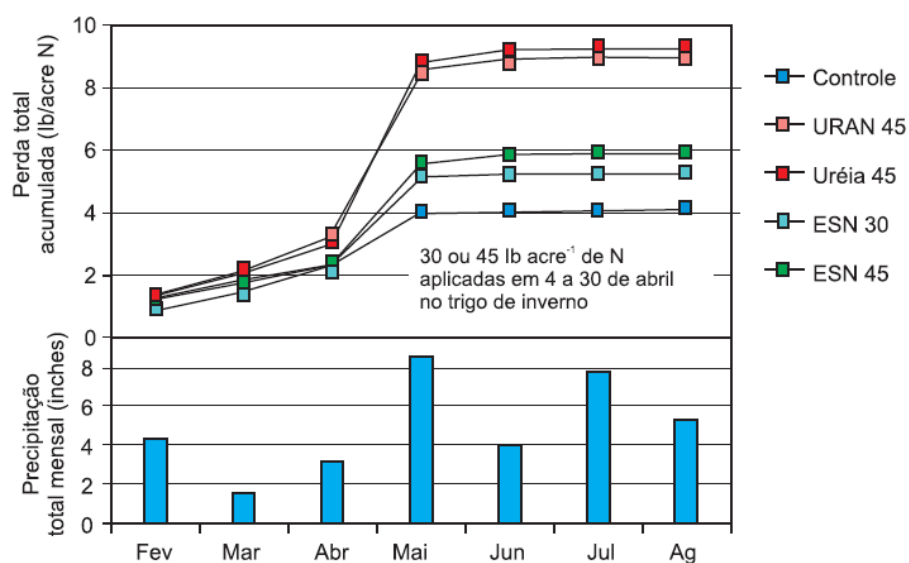


Figura 9 - Fontes de nitrogênio e perdas por lixiviação (ESN= uréia revestida).
Fonte: Islam (2003) citado por Blaylock (2007).

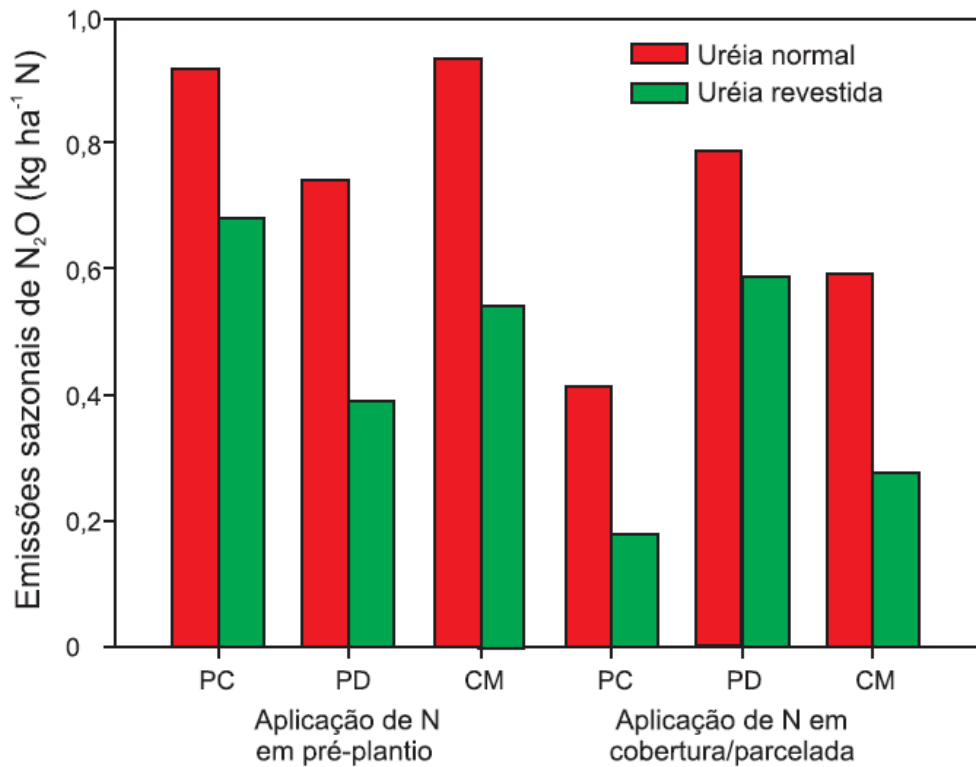


Figura 10 - Emissões de N_2O em cultura de milho após trigo (PC = plantio convencional; PD = plantio direto; CM = cultivo mínimo).

Fonte: Motavalli (2004) citado por Blaylock (2007).

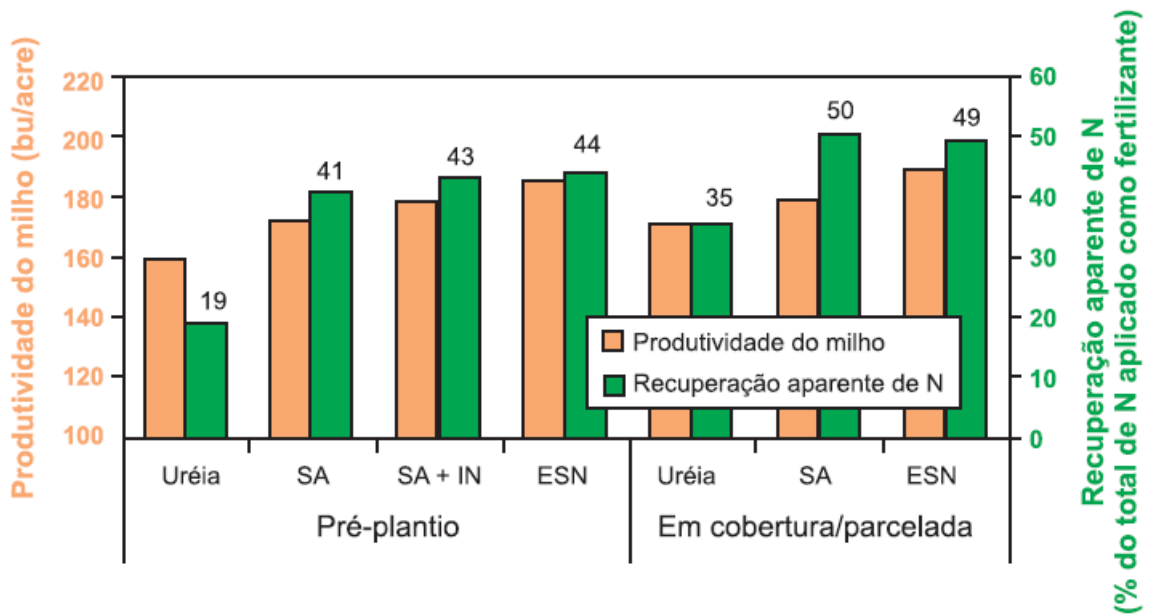


Figura 11 - Produtividade de milho irrigado e recuperação aparente de nitrogênio de diferentes fontes (SA = sulfato de amônio; IN = inibidor da nitrificação; ESN = uréia revestida).

Fonte: Blaylock (2007).

Em geral, os estudos mostram, ainda, que a produtividade das culturas pode ser mantida utilizando-se ao redor de 70-80% da dose de N, em relação à dose dos produtos comumente utilizados.

2.2.6.1. Uréia

Uréia - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

A uréia é um composto nitrogenado sólido, que se apresenta na forma de grânulos brancos e possui de 45 a 46% de N na forma amídica. É o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo. Mais de 90% da produção mundial é destinada para uso como fertilizante. A produção de uréia a partir de amônia e gás carbônico, produzidos numa mesma unidade, torna o produto menos oneroso que os demais fertilizantes nitrogenados, inclusive pelo fato de possuir teor de N bem mais alto, comparada aos demais produtos, o que proporciona um preço mais atrativo por tonelada de N. Assim, a uréia apresenta o mais baixo custo de transporte e estocagem por unidade de N contido. A uréia é aplicada preferencialmente via solo, no plantio ou em cobertura, e um dos cuidados necessários para aumentar sua eficiência é incorporá-la ao solo no momento da aplicação, para minimizar as perdas por volatilização (FACRE, 2007).

A Figura 12 mostra a relação entre uma tonelada de uréia e a quantidade necessária de outras fontes para se obter a mesma quantidade de nitrogênio. A uréia é higroscópica e solúvel em água, álcool e benzina.

Em 2006 a participação da uréia na matriz de nitrogenados tanto no Brasil como no mundo alcançou 52% (Figura 13). Neste ano, a produção mundial de uréia alcançou 134,7 milhões de toneladas de produto, concentrando 49% desta produção na China e na Índia (FACRE, 2007). Na Figura 14 estão apresentados a perspectivas de crescimento do mercado brasileiro de uréia.

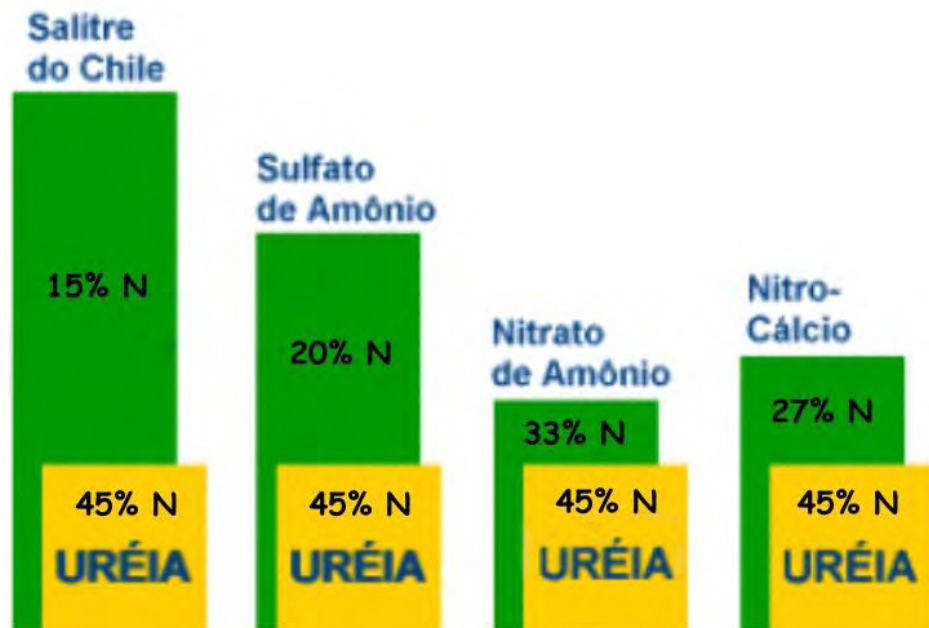


Figura 12 - Relação entre uma tonelada de uréia e a quantidade necessária de outros adubos nitrogenados para se obter a mesma quantidade de nitrogênio.

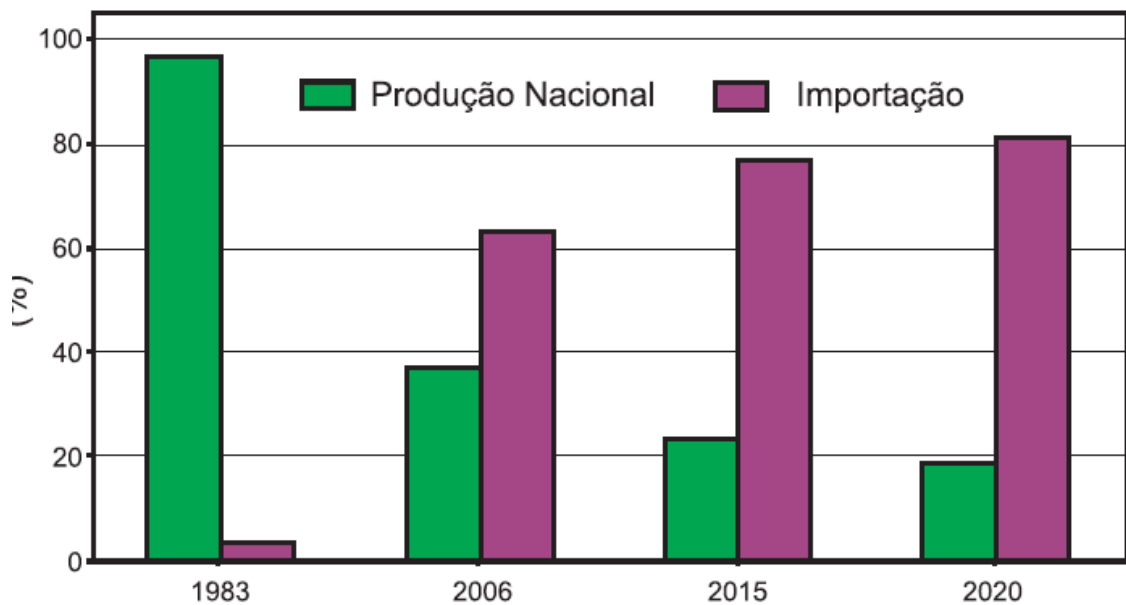


Figura 13 - Distribuição do consumo brasileiro de adubos nitrogenados.
Fonte: ANDA citado por Facre (2007).

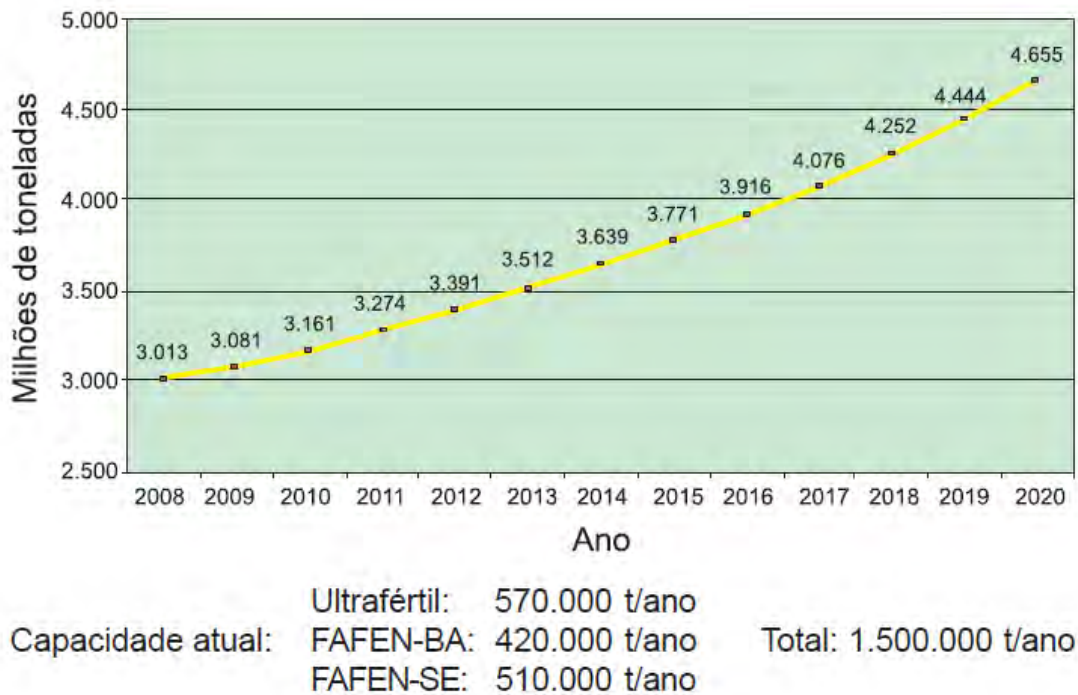


Figura 14 - Perspectivas de crescimento do mercado brasileiro de uréia. Taxa de crescimento do mercado (2008-2020) de 3,4% ao ano.

Fonte: Facre (2007)

A baixa eficiência de recuperação do N da uréia aplicado às culturas tem sido atribuída, principalmente, às perdas gasosas do elemento (volatilização e desnitrificação) associadas ao uso preferencial de uréia em aplicações superficiais (cobertura) no solo (COLLAMER et al., 2007).

A uréia apresenta algumas vantagens, tais como menor preço por unidade de N, alta concentração de N (que reduz o custo de transporte e de aplicação), alta solubilidade, menor corrosividade, compatibilidade com um grande número de outros fertilizantes e defensivos e alta taxa de absorção foliar. Já a principal desvantagem da uréia é a possibilidade de altas perdas de N por volatilização de NH_3 , pois, quando aplicada ao solo, sofre hidrólise enzimática, liberando amônia (CANTARELLA, 2007).

A reação de hidrólise consome prótons (H^+) e provoca a elevação do pH ao redor das partículas, assim, mesmo em solos ácidos a uréia está sujeita a perdas de N por volatilização de NH_3 . Já outros fertilizantes nitrogenados contendo N amoniacal, como sulfato de amônio e o nitrato de amônio, aplicados nos solos ácidos predominantes no Brasil, tendem a manter a maior parte do N na forma NH_4^+ ,

que é estável. Para ilustrar esse fenômeno, pode-se observar na Figura 15 que em solo ácido as perdas por volatilização com o sulfato de amônio são desprezíveis e com a uréia são altas. Quando se utiliza um solo alcalino, as perdas com sulfato de amônio são até maiores que aquelas observadas com a uréia (CANTARELLA, 2007).

A Figura 16 mostra o aumento na eficiência da uréia quando associada ao sulfato de amônio ou ao Agroten, um inibidor da nitrificação. Nota-se que, quando aplicada isoladamente, a uréia sofre grandes perdas de NH_3 , resultado da alcalinização da solução próxima aos seus grânulos durante a hidrólise. Quando associada ao sulfato de amônio, as perdas são menores, em virtude, provavelmente, da reação acidificante do sulfato de amônio próximo aos grânulos da uréia, neutralizando o efeito local da elevação do pH (COLLAMER et al., 2007).

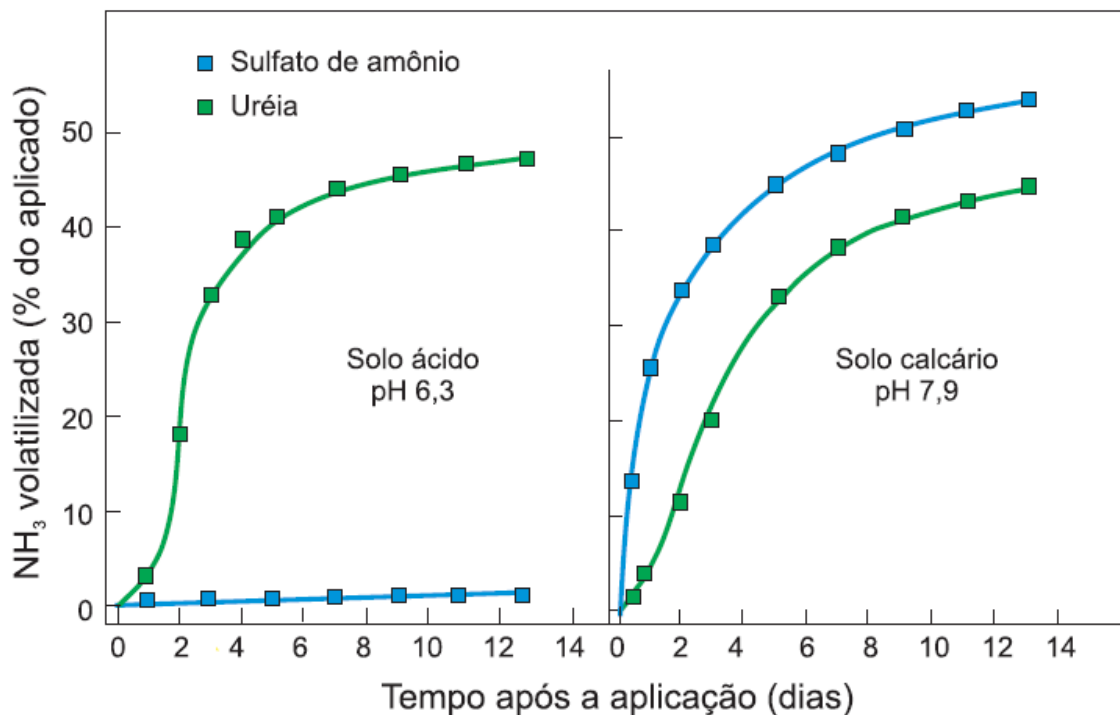


Figura 15 - Efeito do pH do solo sobre a volatilização da uréia e do sulfato de amônio.
Fonte: (COLLAMER et al., 2007).

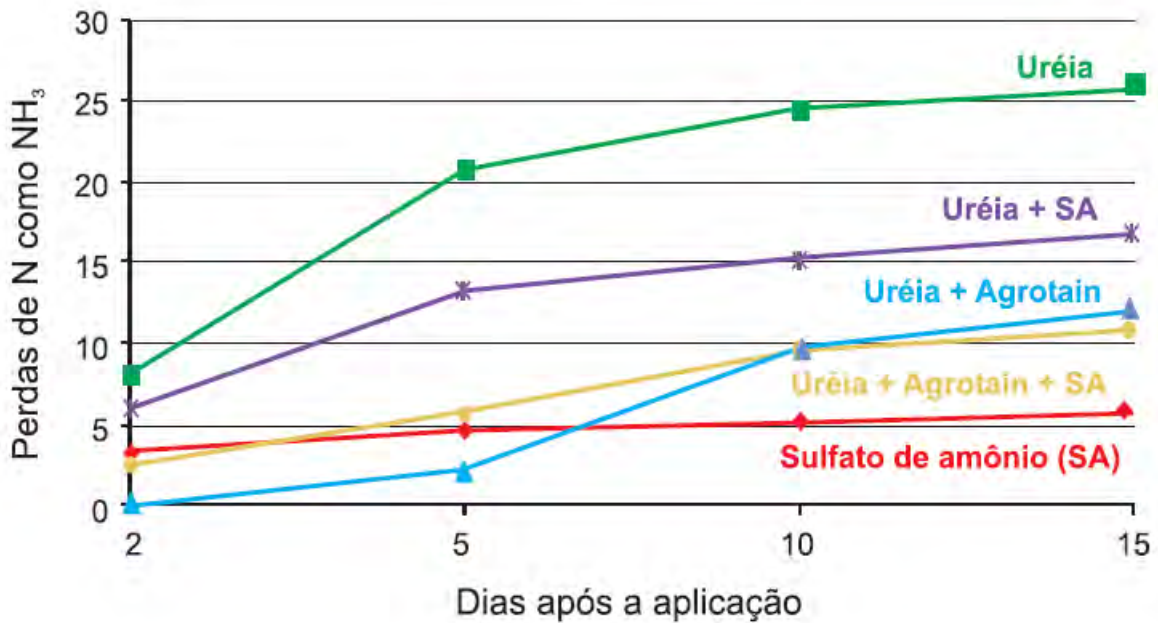


Figura 16 - Volatilização da amônia após 15 dias da aplicação.
Fonte: (COLLAMER, 2007).

Segundo Cantarella (2007) a enzima urease, responsável pela hidrólise da uréia, é comum na natureza e está presente em microrganismos, plantas e animais. A urease presente nos solos é proveniente da síntese realizada por microrganismos e, provavelmente, também, de resíduos vegetais. Estima-se que 79% a 89% da atividade da uréase em solos se deva a enzimas extracelulares, adsorvidas aos colóides do solo. A atividade da urease é maior em plantas e resíduos vegetais do que em solo e, portanto, solos contendo restos de cultura (plantio direto, áreas manejadas com resíduos de plantas na superfície dos solos) tendem a apresentar maior atividade de urease. Normalmente, os dados da literatura mostram que depois de 2 a 4 dias, dependendo da temperatura do solo, a volatilização da uréia atinge a velocidade máxima.

A atividade da urease é dependente, também, da umidade do solo. Em solo seco, a uréia pode permanecer estável, mas a taxa de hidrólise aumenta conforme o teor de umidade do solo se eleva, até que este atinja 25%. A partir deste ponto a taxa de hidrólise é pouco afetada pelo teor de água e a aplicação de uréia em solo seco é preferível à sua adição em solo úmido. No entanto, o orvalho noturno pode equivaler a uma precipitação de até 0,5 mm e pode desencadear a hidrólise da uréia

até que o solo seque novamente. A incorporação mecânica a 5 cm ou mais de profundidade é uma maneira eficiente de reduzir as perdas por volatilização. A incorporação da uréia pode ser feita, também, pela água de chuva ou de irrigação. Em áreas de solo descoberto, 10 a 20 mm são considerados suficientes para incorporar a uréia e reduzir ou mesmo eliminar as perdas de NH_3 . No entanto, a presença de palha parece aumentar a exigência da lâmina de água e uma explicação para isso é que, quando há palha na superfície, a água desce por canais preferenciais formados junto à palha e, com isso, não arrasta eficientemente a uréia para o interior do solo (CANTARELLA, 2007).

Segundo Barbosa Filho et al. (2004), a presença das plantas na época da aplicação da uréia pode reduzir as perdas por volatilização, que são devidas à arquitetura da planta do feijoeiro que, ao permitir a perfeita cobertura da superfície do solo, favorece a absorção do NH_3 presente na atmosfera abaixo do dossel das folhas inferiores das plantas.

Várias modificações têm sido feitas em fertilizantes contendo uréia a fim de reduzir as perdas por volatilização e aumentar a sua eficiência de uso, como, por exemplo, recobrimento com enxofre elementar e polímeros, adição de ácidos e sais para evitar a formação de amônia e misturas com outros fertilizantes mas, geralmente, estas opções têm alto custo ou baixa eficiência.

2.2.6.2. Entec 26[®] (sulfonitrato de amônio)



90% dos grãos entre 2,0 a 5,0 mm
Média: 2,8 a 3,5 mm

Entec 26[®] (sulfonitrato de amônio) - $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Com o intuito de melhorar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, recentemente foi lançado no mercado o adubo nítrico amoniacal sulfonitrato de amônio (Entec 26®) que possui 26% de N total e 13% de enxofre, na sua maior parte na forma amoniacal (18,5% amoniacal e 7,5% na forma nítrica). Segundo o fabricante, em condições normais de cultivo, a forma amoniacal do adubo não passa rapidamente para a nítrica em função da presença do agente estabilizante DMPP (3,4 dimetilpirazolfosfato) que é originado do grupo dos pirazóis. Esse inibidor é temporário no processo da nitrificação causado pelas bactérias *Nitrosomonas*, responsáveis pela transformação de NH_4^+ (amônio) em NO_2^- (nitrito) na primeira fase da nitrificação. Com este procedimento, é prolongado o efeito residual do NH_4^+ por um período de 6-8 semanas sob forma menos lixiviável na camada arável, com possibilidade de aumento na absorção de nitrogênio pelas raízes e conseqüente redução das perdas por lixiviação para as áreas mais profundas, fora do alcance das raízes (TEIXEIRA FILHO, 2008).

DMPP apresenta liberação lenta e gradativa do N, conforme temperatura e disponibilidade hídrica no solo (International Fertilizer Industry Association- IFA, 2009). Dessa forma, havendo as condições ideais de temperatura e umidade no solo, a eficiência da adubação nitrogenada pode ser ampliada através da aplicação do Entec 26®, com redução de perdas de N e melhor disponibilização às plantas.

2.3. Sistema plantio direto X Planta de cobertura X Microrganismos X Nitrogênio

Sistema plantio direto é a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas. Pressupõe-se, também, uma mudança na forma de pensar a atividade agropecuária a partir de um contexto socioeconômico com preocupações. O SPD começou a ser desenvolvido na década de 70 com o surgimento do herbicida Paraquat, que veio

substituir o preparo do solo no controle de plantas daninhas. No Brasil, as regiões de Castro e Ponta Grossa, no Paraná, foram as que apresentaram maior crescimento inicial do sistema por iniciativa dos produtores rurais (HERNANI; SALTON, 1998).

Na safra de 2004/05 o Brasil era o segundo País em área cultivada (23.600 mil hectares) em sistema plantio direto só perdendo para os Estados Unidos com 25.304 mil hectares. Área cultivada em SPD no Brasil na safra de 2005/06 foi de 25.501,66 mil hectares (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA- FEBRAPDP, 2009).

A maioria das culturas é de uma forma ou de outra, beneficiadas pelo SPD. Os fatores que contribuem para o aumento na produtividade das culturas SPD estão relacionados à melhoria física, química e biológica do solo (CALEGARI et al., 1998).

No SPD ocorre incremento no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, que propicia melhoria considerável na capacidade de retenção de nutrientes pelas partículas minerais e reduzem perda por lixiviação ou erosão. Além disso, pela ausência de revolvimento do solo, os adubos permanecem concentrados na camada superficial onde são depositados, favorecendo a absorção dos elementos pelas plantas (KURIHARA et al., 1998).

Com o aumento da matéria orgânica, que é fonte de energia para os microrganismos, ocorre também aumento da atividade microbiana que, aliada à mineralização, disponibiliza nutrientes às plantas, induzindo melhoria na produtividade. Sua presença protetora promove o controle das plantas daninhas, fato decisivo para ao sucesso do SPD. A palha é um fator fundamental para a cobertura permanente do solo, pois melhorando atributos físicos, químicos e biológicos do solo, melhora, também, a sua qualidade (HECKLER et al., 1998).

Nesse sistema, as bactérias fixadoras de nitrogênio encontram melhores condições de sobrevivência e realização do processo biológico (captação, transformação e liberação do nitrogênio do ar do solo para as plantas) do que no sistema de manejo convencional. Isso ocorre, principalmente, devido às menores oscilações de temperatura e às temperaturas máximas, que são inferiores, as melhores condições hídricas e maior disponibilidade de carbono, importante fonte energética para essas bactérias (BALOTA et al., 1998).

De acordo com os processos de mineralização/imobilização de N, exercidos pelos microrganismos quimiorganotróficos no solo sob sistema plantio direto, a matéria orgânica funciona como fonte ou dreno de N, o que na maioria das vezes, depende do tempo de adoção do SPD. Nos primeiros anos de adoção do sistema, prevalece o caráter dreno, devido ao acúmulo de matéria orgânica do solo exceder a decomposição. Após alguns anos de adoção desse sistema, ocorre estabilização das condições e o caráter fonte e dreno se equivale. Com o passar dos anos, o aporte de N via decomposição de resíduos será maior que a quantidade de N imobilizado pelos microrganismos do solo. A maior lixiviação de N no SPD comparada ao plantio convencional é atribuída à maior infiltração de água no solo condicionada pela continuidade de poros e pela “rugosidade” da superfície do mesmo propiciada pela presença de palha (AMADO et al., 2002).

Em solos com altos teores de matéria orgânica, a aplicação do N, exclusivamente em cobertura, pode resultar em maior retardamento na disponibilização deste nutriente para as plantas, bem como dos demais nutrientes que se encontram no complexo orgânico do solo. Isso ocorre porque o N aplicado é, parcial ou totalmente, seqüestrado/absorvido pelos microrganismos do solo para, após algumas semanas, ser novamente liberado para a solução do solo. Esse fato pode comprometer a nutrição das plantas em tempo hábil. Em muitos casos, assume-se, então, que a produtividade das culturas pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de N por ocasião da semeadura (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

Não apenas para o cultivo do feijoeiro, como para qualquer outra cultura. A palhada de braquiária apresenta inúmeras vantagens (MOREIRA, et al., 2003), tais como:

- Maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação na temperatura do solo.
- Maior longevidade na cobertura do solo, em razão da lenta decomposição de seus resíduos.
- Controle/minimização de doenças como o mofo-branco, podridão-radicular-seca ou podridão-de-fusario e podridão-de- *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos.

- Maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir, ou até mesmo tornar desnecessário, o uso de herbicidas pós-emergentes.

Os grãos de feijão cultivados em solos cobertos com palhada de braquiária são mais limpos, pois a palhada de braquiária, por cobrir toda a superfície do solo, proporciona melhor qualidade comercial ao feijão, em virtude da maior limpeza dos grãos (MOREIRA, et al., 2003).

Solos sob cultivos contínuos, na intensidade de duas a três colheitas por ano agrícola, sob irrigação por aspersão, possuem, via de regra, alta infestação de plantas daninhas e fungos patogênicos com origem no solo. Pode-se presumir, com base na literatura (COSTA; RAVA, 2003), que a palhada de braquiária, como cultivo antecessor e como palhada de cobertura, ajuda no controle destes estresses bióticos nocivos ao feijoeiro (KLUTHCOUSKI et al., 2005). Avaliando o Efeito da antecipação do nitrogênio e do tratamento de sementes sobre o rendimento e componentes do feijoeiro, cultivar Pérola, Kluthcouski et al. (2005) verificaram que no que diz respeito ao tratamento de sementes, apesar da redução no estande médio de plantas, em razão do tratamento, a produtividade foi superior quando as sementes não receberam nenhum tratamento. Este fato pode ser explicado pelo efeito da braquiária como depuradora do solo ou como supressora, física ou alelopática, do desenvolvimento de fungos com origem no solo.

A *Brachiaria brizantha* com seis toneladas de biomassa seca disponível, pode reciclar, com a sua incorporação, aproximadamente 62, 12, 110, 13 e 12 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg e 178, 20, 923 e 3021 g ha⁻¹ de Zn, Cu, Mn e Fe, respectivamente (MAGALHÃES, 1997).

De acordo com Silveira et al. (2005), embora grande quantidade de N possa estar contida na parte aérea das culturas denominadas cobertura do solo, a quantidade real de N aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura sucessora.

Por tratar-se de uma planta cespitosa, a penetração dos mecanismos sulcadores dos equipamentos de plantio nas touceiras de *Brachiaria brizantha* é dificultada. Por isso, a plantadora deve estar equipada com disco de corte e facão (botinhas), para cortar a palhada eficientemente e deixar uma faixa sem palha de 2 a

3 cm de largura, de cada lado do sulco de semeadura, o que favorece a emergência das plântulas e evita o estiolamento da cultura implantada. Quanto maior for o volume da massa vegetal, maior será a necessidade de aplicar maior tensão à mola dos mecanismos sulcadores e de corte da plantadora (MOREIRA, et al., 2003).

A maioria das áreas irrigadas por aspersão e que tradicionalmente são utilizadas para o cultivo do feijoeiro apresentam problemas sanitários relacionados a fungos de solo, cujo controle tem elevado sobremaneira o custo de produção, e acima de tudo, tem se verificado a inviabilização na produção de sementes dessa leguminosa. No entanto, com o uso da rotação e da palhada de braquiárias poderão reabilitar áreas produtoras de feijão, e ao mesmo tempo reduzir o custo de produção, desde o tratamento de sementes até a minimização do uso dos mais diversos defensivos utilizados na produção desta cultura (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

A palhada do milho tem efeito mais duradouro na superfície do solo que a da soja, em virtude de sua constituição química. Na palhada do milho, a relação C/N e os teores de lignina, celulose e hemicelulose em sua constituição são maiores que na soja, o que confere à palhada do milho maior resistência à degradação pelos microrganismos do solo (MOREIRA, et al., 2003).

A população microbiana do solo desempenha um papel fundamental na fertilidade (aqui entendida como a capacidade ou habilidade do solo em propiciar as condições físicas, químicas e biológicas necessárias e suficientes ao perfeito desenvolvimento das plantas). Os microrganismos atuam na decomposição e mineralização da matéria orgânica e na reciclagem dos nutrientes, ou seja, funcionam como fonte de nutrientes necessários ao crescimento das plantas. Além disso, os microrganismos exercem ação física no solo, agindo quimicamente por meio da produção de substâncias cimentantes (polissacarídeos) ou atuando como ligantes como hifas fúngicas, melhoram a qualidade dos agregados, aumentando a agregação (ou o número de agregados), sua porosidade (agregados mais porosos) e sua estabilidade (BALOTA et al., 1998).

A biomassa microbiana do solo possui um papel fundamental na manutenção e produtividade de agroecossistemas, pois constitui um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo, além de atuar como reservatório de nutrientes para as plantas (JENKINSON; LADD, 1981). O reconhecimento da importância da

comunidade microbiana do solo tem levado a um aumento no interesse em se avaliar os nutrientes contidos nas células microbianas, tais como C e N. Sua estimativa fornece dados úteis sobre as alterações decorrentes do uso do solo, visto que respondem, com maior rapidez, a essas variações do que parâmetros físicos e químicos, tais como pH e qualidade da matéria orgânica do solo (POWLSON et al., 1987).

Os valores de biomassa microbiana de C indicam a potencial atividade microbiana no solo, que pode estar participando do processo de decomposição de resíduos e liberação de nutrientes no solo. A biomassa microbiana de N constitui uma parte significativa e, potencialmente mineralizável e disponível para as plantas. No entanto, em solos com baixos teores de N, esse nutriente contido na biomassa irá preferencialmente ser utilizado pelos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, ficando imobilizado e diminuindo sua disponibilidade para as plantas (PAUL; CLARK, 1989).

Em um ambiente tão complexo quanto o do solo, onde tratamentos culturais e manejos das culturas (CASTRO, 1989, MUZILLI, 1983) influenciam continuamente as condições de umidade, temperatura, aeração, reações do solo, disponibilidade de nutrientes, entre outros, entende-se que a comunidade microbiana aí presente é regida fortemente por estas condições ambientais, bem como por compostos adicionados, podendo, deste modo, ser afetada tanto qualitativa quanto quantitativamente. Alterações provocadas pelo SPD e sistemas de rotação de culturas podem afetar as populações desnitrificadoras e, também, outros microrganismos do solo.

Dos microrganismos do solo, os mais importantes do ponto de vista das transformações do nitrogênio são fungos e bactérias. Os fungos, por não possuírem clorofila, dependem de carbono orgânico pré-formado para suas sínteses celulares. Além disso, usam, preferencialmente, amônia ou nitrato como fonte de nitrogênio, embora possam, também, metabolizar proteínas, ácidos nucleicos e outros complexos orgânicos. As bactérias, por sua vez, também atuam na decomposição da matéria orgânica e são as principais responsáveis pelos processos de nitrificação e desnitrificação (CARDOSO et al., 1992).

Com o objetivo de estudar a quantificação das perdas de nitrogênio por emissão de óxido nitroso (N_2O) e volatilização de amônia (NH_3) em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em plantio direto, com e sem palhada de braquiária (*Brachiaria* sp.), em um Latossolo Vermelho distrófico no bioma Cerrado. Verificou-se que o total de emissões de N_2O para todos os tratamentos foi baixo e o fator de emissão em relação à aplicação do adubo nitrogenado foi próximo a zero. Contudo, na área de produção de feijoeiro comum irrigado em SPD sobre palhada de braquiária foram observados maiores fluxos de N_2O em relação à área sem palhada de braquiária, sendo a atividade biológica no solo, no florescimento das plantas de feijão, também maior para aquele tratamento. A volatilização de amônia também foi maior para a área de cultivo com palhada de braquiária (CARVALHO et al., 2008).

Em sistemas de cultivo do feijoeiro irrigado com SPD, o N tem sido aplicado parte no plantio e o restante em cobertura superficialmente sobre os resíduos vegetais da cultura anterior. A eficiência desta estratégia de manejo depende da dose e da época em que o N é aplicado, sendo mais eficiente quanto melhor o sincronismo entre a época de fornecimento do mesmo e a época de maior demanda da planta. Portanto, as estratégias de aplicação de N devem ter por base a minimização das perdas desse nutriente e, conseqüentemente, o seu maior aproveitamento pelas culturas. A eficiência da adubação nitrogenada na produção das culturas ainda permanece muito baixa, apesar da ênfase que se dá à pesquisa com nitrogênio no Brasil. A taxa de uso do N não ultrapassa 50% para a maioria das culturas, e uma das causas está relacionada com a dose e época adequadas de aplicação do nitrogênio (BARBOSA FILHO et al., 2005c).

O entendimento do processo de decomposição dos resíduos vegetais é muito importante e tem implicações práticas quanto ao manejo da adubação nitrogenada das culturas. Pode-se inferir, por exemplo, que resíduos de espécies de gramíneas deixados na superfície do solo exercem função importante na conservação da umidade do solo, mas contribuem muito pouco com nitrogênio para a cultura subsequente, em razão da alta relação C/N. Nas situações de cultivo de plantas com relação C/N elevada, principalmente nos primeiros anos de adoção do SPD e quando se usam pequenas doses de nitrogênio, o rendimento do feijoeiro tem sido

menor que aquele obtido em solos arados. Uma das explicações para esse caso refere-se ao potencial de imobilização do nitrogênio na superfície do solo sem revolvimento, ou seja, sem preparo. Atualmente, em função da imobilização, que se tornou um processo importante no SPD, há uma tendência para recomendar a aplicação antecipada do nitrogênio de cobertura e/ou aumentar a dose de nitrogênio na semeadura. Apesar da baixa capacidade de conservar água no solo dos resíduos de leguminosas, a capacidade de absorção de nitrogênio e o rendimento das culturas que sucedem as leguminosas são, em geral, mais elevados do que as que sucedem as gramíneas. Assim, pode-se inferir que, quando os resíduos culturais forem de difícil decomposição (relação C/N superior a 30:1), como os das gramíneas, a necessidade de nitrogênio para a adubação de cobertura do feijoeiro cultivado sob SPD deve ser maior que após leguminosas (BARBOSA FILHO et al., 2005a).

No Brasil não é aconselhável incorporar os resíduos devido às fortes chuvas que causam erosão e às altas temperaturas do solo, as quais são favoráveis à rápida decomposição dos resíduos vegetais e à mineralização acelerada do N – orgânico. Entre os princípios do sistema plantio direto, talvez um aspecto importante de manejo da planta de cobertura seria a avaliação da época mais adequada para se proceder a dessecação da planta. Espera-se, em princípio, que a dessecação da massa vegetal com maior antecedência para o plantio seguinte resulte em melhor sincronismo entre a liberação de N dos resíduos e sua absorção pela cultura seguinte, ao passo que a dessecação em época muito próxima do plantio pode resultar em menor disponibilidade de N devido ao processo de imobilização na época em que as plantas mais o necessitam. Suspeita-se que a dessecação realizada muito próxima do plantio poderá causar danos à cultura seguinte em decorrência do efeito residual do produto dessecante. Outro fator de manejo das plantas de cobertura e que pode beneficiar a cultura subsequente, aumentando tanto a disponibilidade de N como a conservação de umidade, consiste no controle mecânico dessas plantas por meio de ceifação (BARBOSA FILHO et al., 2005c).

As espécies do gênero *Brachiaria* são cespitosas (*B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. ruzizienses*) ou estoloníferas (*B. humidicola*, *B. dictyoneura*). Aquelas de comportamento cespitoso tendem a formar touceiras geralmente altas, sendo

preteridas pelos animais, quando o pastejo é mal conduzido. Para a formação de palhada para o SPD, esse fenômeno deve ser evitado, mantendo-se a forrageira com altura em torno de 40-50 cm. Os melhores procedimentos são o manejo contínuo com pastejo ou roçagem, até cerca de 30 dias antes da dessecação, e o estabelecimento da cultura anual. É preferível que, no momento da dessecação, a planta de braquiária tenha o máximo possível de folhas novas para melhor ação dos dessecantes. Os herbicidas de manejo são os mesmos utilizados para outras espécies, ou seja: glyphosate ou sulfosate, 3 a 5 L ha⁻¹. Em geral, as braquiárias levam mais tempo para a total desidratação, cerca de 20 dias; assim, requer maior antecipação da dessecação em relação à semeadura. Se o volume de massa for muito alto, recomenda-se aplicar o dessecante sistêmico, semear a cultura anual de grão e, antes de sua emergência, aplicar herbicida de contato (0,8-1,0 L ha⁻¹ de Paraquat) para a rápida desidratação das folhas. Esta providência evita o estiolamento exagerado das plântulas da cultura anual de grão. Em situações em que a altura da forrageira ultrapassar 50 cm, recomenda-se o uso de triton e, após 15-20 dias, a dessecação com herbicida sistêmico (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Os fertilizantes nitrogenados minerais têm alto custo energético para sua obtenção e, em contraste, verifica-se, na prática, que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação desse fertilizante, especialmente em relação a doses, épocas e método de aplicação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como no caso do SPD ou nas várzeas tropicais. A habitual recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, com o intuito de aumentar sua eficiência ou para prevenir as possíveis perdas pode, então, estar sendo ministrada tardiamente, neste caso, com a principal função de melhorar o nível protéico e não da produtividade das espécies cultivadas, particularmente as graníferas. Assim, em alguns casos, a antecipação da adubação nitrogenada, em relação às recomendações anteriores ou, até mesmo, em relação à semeadura da cultura, pode ser mais eficiente no que se refere a aumento da produtividade das culturas graníferas anuais. Também tem sido possível verificar que, com melhor manejo da adubação nitrogenada, é possível reduzir substancialmente a quantidade atualmente recomendada para as principais culturas anuais, melhorando ainda mais

as suas produtividades, com redução nos custos de produção (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

Em sistemas conservacionistas, como o sistema plantio direto, onde há a presença de resíduos vegetais na superfície do solo, acredita-se que a eficiência de recuperação do N pode ser melhorada ao se identificar o momento de liberação de N dos resíduos vegetais devido aos processos de mineralização e imobilização do nitrogênio. Em função desses processos, tem sido sugerido aumentar a doses de N no plantio e a antecipação da aplicação do N em relação à semeadura, seja por alguns dias ou mesmo na cultura de inverno. Os resultados obtidos nesses estudos em diferentes regiões demonstram que não há diferenças entre aplicar o N em pré-semeadura daqueles obtidos pelas técnicas convencionais de adubação na semeadura e em cobertura (BARBOSA FILHO et al., 2005c).

2.4. Qualidade química e fisiológica de sementes

Sob o ponto de vista nutricional o feijão apresenta componentes e características que tornam seu consumo vantajoso. Entre eles, pode-se citar o conteúdo protéico relativamente alto, o teor elevado de lisina, que exerce efeito complementar às proteínas dos cereais, a fibra alimentar com seus reconhecidos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, o alto conteúdo de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B. Por outro lado, alguns problemas nutricionais como a baixa digestibilidade protéica, o conteúdo reduzido em aminoácidos sulfurados, a presença de fatores antinutricionais e a baixa disponibilidade de minerais são assuntos que têm merecido a atenção especial de vários grupos de pesquisas (IADEROZA et al., 1989, COSTA; VIEIRA, 2000).

As sementes, a semelhança dos demais órgãos da planta, apresentam uma composição química bastante variável, caracterizando-se por apresentar, basicamente, dois grupos dos componentes químicos: os que ocorrem normalmente como constituintes em todos os tecidos da planta e aqueles que são materiais de reserva. Estes componentes são oriundos, por translocação, de elementos

acumulados anteriormente em outras partes da planta ou através de fotossíntese, por ocasião da formação e desenvolvimento da semente. A composição química quantitativa das sementes é definida geneticamente, apesar de ser, até certo ponto, influenciada pelas condições ambientais a que foram submetidas às plantas que as originaram (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Normalmente, cerca de 80 % do nitrogênio encontrado nos grãos são provenientes do nitrogênio estocado na parte vegetativa da planta e o restante é proveniente do nitrogênio assimilado após floração. Os carboidratos necessários para o enchimento dos grãos, ao contrário, são provenientes da atividade fotossintética “corrente”, ou seja, da atividade fotossintética que está se realizando naquele momento. Por esse motivo, quanto mais tempo durar a área foliar verde após a floração, maior será o rendimento de grãos (DIDONET, 2003).

Compostos de armazenamento são extremamente importantes, pois mantêm o crescimento e a constância de desenvolvimento, apesar das flutuações fotossintéticas. São compostos constituídos principalmente de glicídeos, mas, freqüentemente, há quantias significativas de lipídios e proteínas. O movimento desses compostos do local onde foram armazenados para locais onde poderão ser reutilizados é chamado de remobilização. Os fotoassimilados depositados no grão podem ser oriundos de três fontes principais: da fotossíntese das folhas ativas, da fotossíntese das demais partes verdes e da remobilização de fotoassimilados depositados em outros órgãos da planta (FLOSS, 2008).

Os diferentes carboidratos gerados na fotossíntese juntamente com o NO_3^- , NH_4^+ e outros sais inorgânicos absorvidos do solo são matérias primas para a biossíntese de uma gama enorme de moléculas orgânicas essenciais (aminoácidos, lipídios, pigmentos, celulose, proteínas, ácidos nucleicos, hormônios, etc) que irão compor a estrutura e o metabolismo, resultando no crescimento e no desenvolvimento dos organismos fotossintetizantes. Em condições naturais, não há etapa bioquímica da fotossíntese, ou seja, assimilação de CO_2 sem a presença de luz. Além da necessidade de ATP e NADPH para realização das reações enzimáticas, a luz é fundamental para a ativação de enzimas centrais do ciclo de redução de CO_2 (MAJEROWICZ, 2004).

Entre os carboidratos, os mais importantes são o amido (que é o predominante), a celulose, a hemicelulose, as pentosanas, as dextrinas e os açúcares. O amido é o principal hidrato de carbono dos cereais, constituindo aproximadamente 65% da semente do trigo e 79% de seu endosperma, sendo também encontrado em sementes de leguminosas. Os açúcares representam, de maneira geral, uma pequena porcentagem entre os carboidratos presentes na semente. As proporções destes mostram-se variáveis dentro da espécie, em função das cultivares (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A época de semeadura, o espaçamento e a população por unidade de área estabelecem os níveis de competição entre as plantas e podem influenciar a proporção das reservas armazenadas nas sementes. O mesmo ocorre com a época de colheita, pois a antecipação pode promover a paralisação do fluxo de reservas para as sementes ou não permitir a acomodação dos componentes translocados; o atraso e a permanência das sementes no campo, expostas a fatores bióticos e abióticos adversos, também predispõem alterações da composição química das sementes provocadas pela deterioração prematura. A inoculação das sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio afeta a composição quando existem diferenças em função do procedimento adotado (MARCOS FILHO, 2005).

A presença de grande quantidade de açúcares solúveis, em células vivas das sementes, favorece a formação de um estado vitrificado (“glassy”) no citoplasma, está “vitrificação” é crucial para manutenção da viabilidade e do vigor das sementes, como foi verificado em milho, soja e ervilha. A matriz vitrificada protege as proteínas e os lipídios contra reações deteriorativas, incluindo os efeitos nocivos de radicais livres. O estado vitrificado oferece sérias restrições à ocorrência de reações químicas e de alterações físicas como, por exemplos, a cristalização de solutos, que danifica as células. Os aumentos da temperatura e do grau de umidade das sementes fazem como que a consistência do citoplasma passe a um líquido altamente viscoso (“melted”, à semelhança de uma barra de chocolate derretida), de modo que o envelhecimento pode ser associado à perda gradual da habilidade das células vivas das sementes manterem o citoplasma vitrificado; essa perda é rapidamente acompanhada pela redução do poder germinativo (Blackman; Leopold, 1992 citados por KRZYZANOWSKI et al., 1999).

As proteínas são os componentes básicos de toda a célula viva. São polímeros de aminoácidos sintetizados, biologicamente, na célula e funcionam como enzimas, componentes estruturais e materiais de reserva. As proteínas são encontradas em todos os tecidos das sementes, apresentando-se em maiores concentrações no embrião. As sementes apresentam como compostos nitrogenados, além das proteínas, certa quantidade de aminoácidos e amidas. Entre estas, as mais comuns são a glutamina e asparagina, enquanto os aminoácidos livres são, quase todos, os mesmos que compõem a estrutura da proteína (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O valor nutritivo de uma proteína está estreitamente relacionado à proporção de aminoácidos que a compõem (MOLINA et al., 2001).

O nitrogênio, por participar da composição dos aminoácidos, desempenha um efeito direto no teor de proteínas das sementes. Ele absorvido pelas plantas e se 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). Segundo Mattson (1980), a adubação nitrogenada altera a quantidade e qualidade do nitrogênio presente na planta, aumentando os níveis de N solúvel, particularmente aminoácidos livres.

Nas partes vegetativas das plantas, as proteínas estão predominantemente na forma de enzimas (proteínas catalizadoras), de proteínas funcionais, ao passo que nas sementes a principal fração protéica é constituída de proteínas de reserva, na forma de grãos de aleurona. Em relação as funções das proteínas, podem-se distinguir as proteínas funcionais (enzimas), as proteínas de reserva (grãos de aleurona) e as proteínas estruturais - constituintes das membranas biológicas (FLOSS, 2008).

Do ponto de vista fisiológico e considerando as práticas de manejo pré e pós-colheita, as reservas acumuladas são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e energia necessários para a plena manifestação das funções vitais das sementes e, sendo assim, as variações na composição química estão relacionadas ao desempenho das mesmas, inclusive durante as etapas de indução e superação de

dormência. De um modo geral, os carboidratos, as proteínas e os lipídeos são as principais substâncias de reserva, mas as proporções de cada um desses componentes variam de acordo com as espécies e cultivares. Os efeitos da nutrição adequada se refletem principalmente no tamanho e no peso das sementes produzidas. As relações com o potencial fisiológico das sementes são mais nebulosas e não têm sido evidenciadas consistentemente pela pesquisa (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade fisiológica esta relacionada com a capacidade da semente em desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor. Portanto, os efeitos sobre a qualidade geralmente são traduzidos pelo decréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e redução do vigor das plântulas (TOLEDO et al., 2009).

A qualidade fisiológica tem sido um dos aspectos mais pesquisados nos últimos anos em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física após a sua maturação as quais estão associadas com a redução do vigor (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972).

As condições que as plantas encontram no solo para germinação raramente são ótimas, pois há ali microrganismos que podem afetá-las, apesar dos fatores físicos serem favoráveis. Desta forma, lotes de sementes da mesma cultivar, com capacidades de germinação semelhantes, podem apresentar diferenças marcantes na porcentagem de emergência de plântulas em condições de campo. A falta de uma estreita relação entre a germinação obtida em laboratório e a emergência em campo foi responsável pelo desenvolvimento do conceito vigor. Desta forma, este conceito torna-se importante para se selecionar os lotes que apresentam germinação semelhante, para fins de armazenamento, porque eles podem apresentar diferentes capacidades de armazenagem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os testes de vigor mais utilizados são os de envelhecimento acelerado e o de frio. Levantamentos efetuados pela Association of Official Seed Analysts indicaram que 56% dos laboratórios dos Estados Unidos e Canadá utilizam esses testes para

avaliação do vigor e as espécies avaliadas com maior frequência são milho e soja (SPEARS, 1995).

O potencial relativo de armazenamento de lotes de sementes, ou seja, o vigor das sementes pode ser avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado. Este teste tem como base o fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente através de sua exposição a níveis adversos de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais mais relacionados à deterioração das sementes. Segundo Delouche (2002) a duração do processo de deterioração é determinada principalmente pela interação entre herança genética, o grau de umidade da semente e a temperatura.

O período de exposição das sementes de feijão cultivar Pérola ao envelhecimento acelerado, a partir de 72 horas já produz resultados que refletem no potencial de vigor que as sementes apresentam, podendo assim, gerar dados que servem como base para determinar o possível potencial de armazenamento da semente (BINOTTI et al., 2008).

O teste da condutividade elétrica é um método rápido para a avaliação do vigor das sementes, sendo que o valor da condutividade elétrica da solução de embebição da semente é função direta da quantidade de lixiviados no exsudato do teste, a qual está diretamente relacionada com a integridade das membranas celulares. Quanto maior o valor da condutividade elétrica, menor é o vigor das sementes, pois a maior quantidade de lixiviados no exsudato do teste de condutividade elétrica ocorre em função das perdas da integridade das membranas celulares, células danificadas, membranas mal estruturadas, perda de constituintes celulares, com menor capacidade reparação aos danos causados à semente, além de uma lentidão na reestruturação da membranas durante a embebição. Dias et al. (1998) através de uma análise global dos resultados observaram que o teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de feijão-de-vagem e quiabo, fornecendo informações rápidas que auxiliam na agilização dos programas de controle de qualidade de sementes.

No exsudato do teste da condutividade em sementes de feijão cultivar Pérola, grande parte dos lixiviados são constituídos de aminoácidos, açúcares e íons de potássio e fósforo, sendo que o aumento das quantidades de lixiviados está

relacionado com queda na germinação e vigor das sementes, evidenciando a eficiência do teste de condutividade elétrica como método de avaliação do vigor (BINOTTI et al., 2008).

Desta forma, o vigor das sementes é afetado pelas condições ambientais mesmo antes de sua formação, pois condições de clima que afetam o desenvolvimento e o florescimento da planta, poderão ter reflexos sobre o vigor das futuras sementes. Estes efeitos são, evidentemente, de difícil avaliação, principalmente se comparados com os que ocorrem na fase final do processo de maturação. As sementes apresentam maior viabilidade e vigor por ocasião da maturidade fisiológica. A partir deste instante, vão ocorrer, inevitavelmente, mudanças fisiológicas e bioquímicas graduais que ocasionam a deterioração e a perda do vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

2.5. A adubação nitrogenada para o feijoeiro

Na cultura do feijão o N é o elemento absorvido em maior quantidade, quando o nitrogênio está deficiente as plantas são atrofiadas, o caule e o ramo são delgados e as folhas apresentam uma coloração entre verde-pálido e amarela, mas uma adubação nitrogenada em cobertura bem realizada supre toda a necessidade da cultura, bem como aumenta sua produtividade (OLIVEIRA et al., 1996)

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes na nutrição da planta e é, também, um dos que mais respostas positivas possuem em termos de produtividade, segundo Malavolta (1979), o nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pelo feijoeiro e, quando aplicado na dose recomendada, promove rápido crescimento aumentando a folhagem e o teor de proteína nas sementes. Além disso, “alimenta” os microrganismos do solo que decompõem a matéria orgânica e aumenta o teor de massa seca. No entanto, quando fornecido em desequilíbrio em relação aos outros elementos, pode atrasar o florescimento e a maturação e predispõe as plantas ao ataque de doenças.

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

Segundo Rosolem (1987), há resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em todo o Brasil, embora sendo bem variáveis. Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e não deixar efeitos residuais diretos das adubações, o manejo da adubação nitrogenada é dos mais difíceis (RAIJ, 1991). O principal objetivo do uso racional do nitrogênio é aumentar a eficiência na sua utilização, considerando os custos financeiros e energéticos e os riscos ambientais envolvidos.

De acordo com Malavolta (1979) deve-se aplicar nitrogênio quando a cultura tem necessidade e quando possui raízes já bem desenvolvidas. Outro cuidado é com o solo, que não deve estar demasiadamente seco e nem muito encharcado, pois o adubo nitrogenado se dissolve completamente na água e, se adubarmos uma planta que ainda não tem muitas raízes, na primeira chuva que cair o material será arrastado para baixo e se perderá nas águas de drenagem. Se a aplicação for feita mais tarde, a planta já tendo raízes suficientes, conseguirá aproveitar o nutriente arrastado pela chuva, evitando assim sua perda. A aplicação de nitrogênio deve ser feita com cuidado e à uréia exige atenção especial, pela possibilidade de perdas por volatilização. Dessa forma, se a uréia não for enterrada ou levada para dentro do solo pode ocorrer grande perda (RAIJ, 1991).

De acordo com Rosolem (1996) as condições de resposta ao N estão relacionadas com o solo do local de semeadura (cultura anterior, teor de matéria orgânica, textura do solo e irrigação). Cultivares e variações de clima também podem influenciar a resposta da cultura a aplicação do nitrogênio (CHIDI et al., 2002).

Vários são os fatores que afetam a eficiência da adubação nitrogenada de cobertura. Entre esses, três são considerados importantes para o produtor: a fonte de nitrogênio a ser utilizada, a quantidade e o método a ser empregado para sua aplicação. A fonte e a dose de N utilizada são de extrema importância do ponto de vista da maximização do sistema para obtenção do máximo retorno econômico, entretanto, atualmente, de acordo com Barbosa Filho e Silva (2001), o sulfato de amônio e uréia são as duas fontes de N mais utilizadas na agricultura brasileira,

possivelmente por serem de menor custo e de maior disponibilidade no mercado. Por sua vez, enquanto as outras fontes de N não estiverem disponíveis no mercado em condições competitivas com a uréia e o sulfato de amônio, a estratégia para maximizar a eficiência de uso de N ainda deverá ser através do aperfeiçoamento de seu próprio manejo.

O fornecimento adequado do N pelo solo ou pelo solo mais adubo, como regra, melhora a qualidade dos produtos agrícolas. O excesso, porém, pode ser prejudicial. O nitrogênio é constituinte de aminoácidos, proteínas, enzimas e coenzimas, ácidos nucléicos, vitaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários. Participa de processos como: absorção iônica, fotossíntese, respiração, síntese em geral, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006).

2.5.1. Interferência do manejo do nitrogênio sobre o desenvolvimento e produtividade do feijoeiro

Segundo Gomes Junior et al. (2005b) os maiores rendimentos de grãos de feijão são alcançados quando a adubação nitrogenada em cobertura é realizada até o estágio de 7 folhas trifolioladas totalmente abertas na haste principal.

Em trabalho avaliando o efeito de fontes (uréia e Entec 26®), épocas de aplicação (semeadura, 20 dias após emergência das plântulas – DAE e 36 DAE, aplicado em dose total) e doses (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N), Souza (2006) verificou que as fontes e épocas de aplicação não tiveram influência na produtividade de grãos do feijoeiro de inverno irrigado. Já o aumento da dose de nitrogênio proporcionou aumento da produtividade até a dose de 130 kg ha⁻¹ de N.

Valério et al. (2003) verificaram que é possível a obtenção de produtividades próximas do rendimento máximo (no caso, acima de 2.000 kg ha⁻¹), utilizando apenas N na semeadura, com redução da dose total de N aplicada, pois na dose zero de N em cobertura, a resposta as doses de N na semeadura foi linear até a dose máxima utilizada (120 kg ha⁻¹ de N). Isso significa dizer que essa dose máxima

não foi capaz de causar injúrias às sementes e prejuízos à emergência das plântulas.

Em trabalho avaliando o manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto, Silva et al. (2002) concluíram que sob plantio direto na palhada do milho, o feijoeiro necessita de maior dose de nitrogênio na sementeira, em relação à usualmente recomendada para o preparo convencional do solo, que é de 17,5 kg de N ha⁻¹. O modo de parcelamento do nitrogênio na adubação afeta a produtividade do feijoeiro, sob plantio direto após o milho. O tratamento T9 [zero (20 DAS) - 60 (semeadura) - 60 kg ha⁻¹ de N (35 DAPEP)], em que a palhada foi picada, apresentou a maior produtividade, apesar de não diferir estatisticamente de alguns outros tratamentos. Considerando a palhada inteira, a maior produtividade foi obtida no tratamento T4 (aplicação de metade da dose de N na sementeira e metade em cobertura), ou seja, o mesmo parcelamento utilizado no tratamento T9. O atraso no fornecimento de N à planta (aplicação 120 kg ha⁻¹ de N aos 35 DAPEP) refletiu numa baixa produtividade, provavelmente decorrente da imobilização biológica do N do solo. Porém, a aplicação da totalidade do fertilizante na sementeira também não proporcionou altas produtividades devido à diminuição do número de plantas. A produtividade obtida com o tratamento T7 [40 (20 DAS) - 40 (semeadura) - 40 kg ha⁻¹ de N (35 DAPEP)], que recebeu parte da adubação nitrogenada vinte dias antes da sementeira do feijão, não diferiu significativamente das obtidas com os tratamentos que apresentaram as maiores produtividades. Isso sinaliza que tal procedimento, aparentemente, foi eficiente para melhorar a disponibilidade de N para as plantas, reduzindo a imobilização biológica. A operação de picar a palhada do milho favorece a produtividade do feijoeiro, Isso parece confirmar que ocorreu deficiência de nitrogênio sob sementeira direta e que o processo de picar a palhada, provavelmente pela mais rápida mineralização e conseqüente liberação de N, minimizou essa imobilização. Indentemente de se haver mantido a palhada inteira ou picada, a dose de nitrogênio mais adequada para o feijoeiro, na sementeira e sob plantio direto após o milho, foi de 60 kg ha⁻¹.

Em Santa Helena de Goiás, GO, em um Latossolo Roxo de alta fertilidade, mantido sob SPD por mais de duas décadas, foram conduzidos vários experimentos sobre o manejo do nitrogênio no SPD, tendo como cobertura morta a palhada de

braquiária (*Brachiaria brizantha*). Kluthcouski et al. (2005) verificaram que em áreas sob longo período em SPD, o aporte de nitrogênio do solo é bastante representativo, podendo obter-se produtividades de quase 3 t de feijão ha⁻¹ apenas com a aplicação de 13 kg de N mineral ha⁻¹, proveniente dos 150 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico, aplicado simultaneamente à sementeira. Em trabalho avaliando os efeitos de métodos e épocas de aplicação de nitrogênio sobre o rendimento de feijão cultivar Pérola, os mesmos autores observaram que a aplicação antecipada do N resultou em aumento na produtividade de feijão até a dose de 90 kg de N ha⁻¹, sendo mais expressivo até 45 kg. Verificou-se também que, na ausência de N antecipado, a aplicação da mesma dosagem, em cobertura imediatamente após a emergência das plantas, ou seja, 0 DAE, resultou em ganho de rendimento similar, comparado à antecipação de sua aplicação. Isto demonstra que o feijoeiro, no período inicial de desenvolvimento, necessita de uma dose maior de N que aquela que é rotineiramente aplicada. Entretanto, para a obtenção de produtividades superiores a 4,2 t ha⁻¹, nas condições de terras altas, faz-se necessário complementar o nitrogênio em cobertura, podendo este ser aplicado, preferencialmente, nos primeiros 10 DAE.

Estudando o efeito de doses de N (45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹) em diversas coberturas vegetais (milho + *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria brizantha*, arroz, soja e sorgo) sobre a produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, cultivado em uma área em sistema de plantio direto há dez anos, Oliveira (2001) verificou melhores produtividades nas palhadas de braquiária e piores na palhada de arroz. Além disso, ele constatou ausência de efeito das doses crescentes de N sobre o rendimento de grãos, haja vista que se tratava de um solo com alto teor de matéria orgânica.

Em trabalho com objetivo de avaliar a influência de doses, métodos e épocas de aplicação de N sobre as características fisiológicas do feijoeiro, Santos e Fageria (2008) concluíram que a incorporação de todo N na sementeira e a aplicação de parte do N por ocasião dessa e parte incorporada aos 20 DAE demandam menores doses do fertilizante para obtenção dos maiores índices fisiológicos do feijoeiro que a aplicação de parte do N a lanço na superfície do solo. Os valores máximos dos índices fisiológicos são obtidos com dose de N cerca de 20 a 30% menor que a determinada para a produtividade máxima de grãos. A maior eficiência de área foliar

é obtida com 184 m² dia m⁻² de duração de área foliar, que é determinada com 140 kg ha⁻¹ de N. Maiores doses de N propiciam maiores produção biológica e índices fisiológicos.

A possibilidade de irrigação imediata após a adubação pode formular a hipótese de que a opção pelo uso da uréia é tão eficiente em termos de rendimento de grãos do feijoeiro quantas outras fontes de N (BARBOSA FILHO; SILVA, 2001, BARBOSA FILHO et al., 2005b).

A prática de adubação em cobertura, além de onerar o custo de produção, pode provocar danos à cultura devido ao trânsito do maquinário agrícola. Em trabalho avaliando o efeito de métodos e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre o rendimento de grão cultivar Pérola, em Santa Helena de Goiás (GO), Kluthcouski et al. (2005) observaram redução no estande inicial da cultura em todos os tratamentos que receberam N incorporado em cobertura. A aplicação do N a lanço foi feita manualmente. Verificaram, também, que o incremento do N resulta em aumento no número de vagens por planta e, conseqüentemente, em aumento do rendimento. Também na condição de solo com alta fertilidade, podem-se obter produtividades acima de 4 t ha⁻¹, com complemento de N em cobertura, entre 10 e 20 DAE do feijoeiro.

Rodrigues (2008) não verificou efeito de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura (25, 30 e 35 dias após emergência das plântulas, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N) no número de vagens e sementes por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro de inverno.

A aplicação de nitrogênio após a floração, normalmente não aumenta significativamente o rendimento de grãos. Em geral, pode-se esperar somente um aumento na massa seca e/ou no teor de proteínas da semente. Um dos motivos é que a absorção do nitrogênio, assim como dos demais nutrientes, é bastante reduzida após a floração, em virtude da diminuição da atividade metabólica radicular. Alguns resultados positivos têm sido observados quando se efetua a aplicação foliar de nitrogênio, porém os aumentos de rendimento nem sempre são economicamente viáveis (OLIVEIRA; FAGERIA, 2003).

Segundo Ambrosano et al. (1996), a produção do feijoeiro irrigado no inverno pode ser aumentada pela adição de nitrogênio e, em solo de fertilidade mais baixa, (Pindorama - SP) ocorre boa resposta ao parcelamento do nitrogênio. A aplicação de dose única em cobertura foi mais efetiva do que aplicada na semeadura, sendo a melhor época de aplicação aos 25 dias após germinação.

Em trabalho avaliado por três anos consecutivos, o efeito da aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, tendo como fonte a uréia ou sulfato de amônio, incorporados ou distribuídos na superfície do solo, Barbosa Filho et al. (2004) observaram que a resposta ao N é influenciada pelos resíduos de cultura deixados na superfície pelo cultivo anterior, o que explica a diferença de rendimentos de grãos das três safras. A fonte de resíduos na superfície para o cultivo de inverno/1999 foi a soja cultivada no verão, enquanto nos dois anos subsequentes, foi o arroz. Portanto, com o cultivo da soja no verão/1998, desenvolveu-se no solo um ambiente de menor imobilização e maior disponibilidade de N para as plantas de feijão do que nos cultivos de 2000 e 2001, em que parte do N aplicado foi consumida pela população microbiana do solo no processo de composição da palhada do arroz, causando, assim, déficit de N para o feijoeiro. O mesmo autor afirma que a quantidade de N para adubação de cobertura do feijoeiro cultivado em solo sem revolvimento da camada superficial, quando os resíduos culturais forem de difícil decomposição (relação C:N superior a 30:1), deve ser maior que 80 kg ha⁻¹ (dose testada neste experimento).

De acordo com Barbosa Filho et al. (2005a), o feijoeiro irrigado pode responder a doses de N em cobertura acima de 150 kg ha⁻¹ e é necessário parcelar a dose em duas ou três vezes durante o ciclo. O fato do feijoeiro irrigado responder a altas doses de N, conforme demonstrado neste estudo e em outro realizado, em condições muito semelhantes em Santo Antônio de Goiás, GO (BARBOSA FILHO; SILVA, 2001), reforçam a necessidade de outros estudos que levem em consideração os aspectos econômicos da adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro irrigado, principalmente, cultivado em sistema plantio direto. A aplicação de nitrogênio, seja na forma de uréia ou de sulfato de amônio em duas vezes, aos 15 e 30 DAE, e em três vezes, aos 15, 30 e 45 DAE das plântulas, resultou em

rendimentos de grãos significativamente maiores do que a aplicação em apenas uma vez, aos 30 DAE (BARBOSA FILHO et al., 2005a).

Segundo Soratto et al. (2005), quando não se realiza a adubação nitrogenada de cobertura no estágio V₄, é possível se aumentar a produtividade de grãos do feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto, com aplicação de N no início do estágio R₇. Entretanto, é mais viável a realização da adubação nitrogenada de cobertura no estágio V₄. A aplicação de N em cobertura no estágio V₄ é mais eficiente do que no R₇, acarretando maior incremento na produtividade do feijoeiro por unidade do nutriente aplicado.

Kluthcouski et al. (2003) verificaram maiores produtividade do feijoeiro cultivar Pérola em sistema plantio direto, quando se utilizou como cultura antecessora o milho + braquiária (3.508 kg ha⁻¹), porém, não diferindo estatisticamente com o uso só de braquiária (3.255 kg ha⁻¹).

Melhores produtividades de feijão cultivar Pérola foram observados por Kluthcouski et al. (2001) em palhada de *Brachiaria brizantha*, em comparação com a palhada de milho, sorgo, soja e arroz.

A inoculação de sementes com as bactérias dos nódulos radiculares – rizóbios - é a prática que pode ser feita, mas que frequentemente não mostra resultado. Primeiro porque as bactérias fixadoras de nitrogênio não são capazes de fornecê-lo em quantidade suficiente, quando se almejam altos rendimentos e segundo, porque usualmente o solo já é povoado por estirpes nativas de rizóbio, as quais concorrem em vantagens com as introduzidas pela inoculação das sementes. Na zona da mata de Minas Gerais foi constatado que a aplicação foliar de molibdênio torna os rizóbios nativos mais eficientes, dispensando a inoculação. De qualquer forma, em terrenos que nunca receberam o feijão ou que não recebem a muito tempo, é conveniente fazer a introdução do rizóbio (VIEIRA, 2004).

Pelegrin et al. (2009) verificaram que a adubação com 20 kg ha⁻¹ de N, acrescida de inoculante com a estirpe de *R. tropici* CIAT 899 possibilitou a obtenção de rendimento de grãos na cultura de feijoeiro equivalente à aplicação de até 160 kg ha⁻¹ de N. A inoculação de rizóbio, acrescida da adubação com 20 kg ha⁻¹ de N no plantio, propiciou acréscimo de receita líquida semelhante à aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N e superior ao tratamento com a adubação de 20 kg ha⁻¹ de N, sem o uso do

inoculante, evidenciando a sua importância para obtenção de maior rentabilidade na cultura do feijoeiro.

Venturini et al. (2005) observaram que a utilização da adubação orgânica (vermicomposto) e inoculação das sementes com *Rhizobium* promoveram respostas semelhantes à aplicação de nitrogênio na forma mineral no rendimento de grãos na cultura do feijoeiro. A nodulação do feijoeiro foi reduzida pela aplicação de uréia em cobertura, mas não foi influenciada pela inoculação das sementes.

A inoculação de estirpes eficientes de *Rhizobium* em cultivar nodulante de feijoeiro ou seu cultivo em solos com população nativa eficiente pode possibilitar a não utilização de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro, sem afetar a produtividade (FERREIRA et al., 2000).

Romanini Junior et al. (2007) verificaram que a inoculação proporcionou em média de dois cultivos, incremento superior a 17 % na produtividade de grãos do feijoeiro cultivado no período de inverno em sistema plantio direto.

Em trabalho avaliando a fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada Araújo et al. (2007), verificaram que o feijoeiro apresentou resposta positiva à inoculação com *Rhizobium tropici* presente no inoculante comercial. O tratamento que se destacou, com maior produtividade de grãos, recebeu apenas uma dose de inoculante sem o uso de fungicida na semente. O tratamento de sementes com os fungicidas não afetou a nodulação das plantas inoculadas.

2.7.2. Interferência do manejo do nitrogênio na composição química e fisiológica das sementes de feijão

O feijão é um excelente alimento, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano, como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras. Representa a principal fonte de proteínas das populações de baixa renda e constitui um produto de destacada importância nutricional, econômica e social. Além de ser um dos alimentos mais tradicionais na

dieta alimentar do brasileiro. O valor nutritivo da proteína do feijão é baixo quando utilizado como única fonte protéica, entretanto, quando combinado com arroz, por exemplo, forma uma mistura de proteínas mais nutritiva. Isto porque, o feijão é pobre em aminoácidos sulfurados, e rico em lisina; e o arroz é pobre em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados (MESQUITA et al., 2007).

Binotti (2005) verificou que quando se aplicou toda a dose de N no sulco de semeadura a fonte proveniente da mistura de dois adubos nitrogenados (uréia + sulfato de amônio) propiciou um maior teor de proteína solúvel total dos grãos de feijão cultivar Pérola, se comparado com a uréia, porém, não diferindo do sulfato de amônio. Com a aplicação parcelada do N as fontes de N não influenciaram o teor de proteína dos grãos. Quando se aplicou tanto a uréia como a mistura na dose total do N no sulco de semeadura estas apresentaram maiores valores de proteína solúvel total dos grãos se comparado com a aplicação parcelada do nitrogênio. Já quando se aplicou o sulfato de amônio às épocas de aplicação do nitrogênio não influenciaram essa análise. O mesmo autor verificou que com o aumento da adubação nitrogenada ocorre incremento no teor de proteína solúvel dos grãos.

Avaliando linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) quanto a composição química e digestibilidade protéica, Mesquita et al. (2007) verificaram que os teores de proteínas bruta de 21 linhas de feijão variaram entre 22, 34 a 36, 28 %.

Bordin et al. (2003), verificaram teores de proteína bruta dos grãos de feijão cultivar Pérola variando numa faixa de 19 a 28 % em diferentes doses de nitrogênio cultivado em sucessão de adubos verdes.

Farinelli et al. (2006) verificaram que os teores de nitrogênio das sementes cultivar Pérola não sofreram efeito de doses de nitrogênio em cobertura (zero, 40, 80, 120, e 160 kg ha⁻¹) e manejo do solo (preparo convencional e sistema plantio direto), sendo que os valores de nitrogênio estiveram por volta de 32,5 g kg⁻¹.

A composição química quantitativa das sementes é definida geneticamente, apesar de poder ser, até certo ponto, influenciada pelas condições ambientais a que foram submetidas as plantas que as originaram. Uma delas é a influência nutricional. O teor e a composição de proteínas (aminoácidos) variam, também, em função das condições do ambiente e das técnicas de cultivo que afetam o estado nutricional das

plantas. Deve-se salientar, neste aspecto, a boa correlação entre a adubação nitrogenada e o teor de proteínas das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Em trabalho estudando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 50 e 100 kg ha⁻¹) na qualidade e quantidade da proteína do feijoeiro, Carelli et al. (1981) observaram que o fornecimento de 100 kg ha⁻¹ de N aumentou 28, 21 e 28 % os teores de N total, N protéico e N não protéico, respectivamente, quando comparados com a dose zero de N aplicado.

Em estudo avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aplicados em duas épocas (fase V₄₋₃ e V₄₋₆) cultivado sobre três plantas de cobertura (milheto, braquiária e milho) utilizando dois cultivares (Pérola e IPR Juriti) Gomes Junior (2006) verificou que o fornecimento de N para o feijoeiro cultivado em sistema plantio direto aumentou o teor de proteína solúvel total, havendo também comportamento diferenciado entre os cultivares quanto ao teor de proteínas das sementes.

Em trabalho avaliando o efeito no teor de proteína em grãos de feijão em função de diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada, Gomes Junior et al. (2005a) verificaram que o aumento da dose de nitrogênio de 40 para 80 kg ha⁻¹ em cobertura promove incremento significativo no teor de proteína bruta e solúvel em grãos de feijão. Aplicando-se a dose de 40 kg ha⁻¹ de N ocorre maior acúmulo de proteína bruta em grãos de feijão quando a adubação em cobertura é realizada em estádios mais avançados do desenvolvimento vegetativo da cultura.

A aplicação de N em cobertura, nos estádios V₄ (0 e 90 kg ha⁻¹) ou seja 22 DAE e início do R₇ aos 50 DAE (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹), proporciona aumento no teor de proteína nos grãos do feijoeiro (SORATTO et al., 2005).

Segundo Toledo et al. (2009) o teor de proteína nas sementes foi influenciado pela interação entre aplicação de N, nos estádios V₄ (0 kg ha⁻¹ e 90 kg ha⁻¹) e R₇ (0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹). A aplicação de N, no início do estádio R₇, proporcionou aumento linear no teor de proteína, na ausência ou presença de N adicional.

O uso de sementes com potencial fisiológico elevado é fundamental na obtenção de resultados satisfatórios em culturas de expressão econômica. Uma das ferramentas essenciais para alcançar esses resultados é a análise de sementes.

Avaliar a qualidade de um lote de sementes em termos de estimar com que sucesso ele estabelecerá uma população adequada de plântulas em campo, sob uma ampla faixa de condições ambientais, é de grande importância para atingir eficiência na agricultura moderna (ARTHUR; TONKIN, 1991).

Rodrigues (2008) não verificou efeito de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura (25, 30 e 35 dias após emergência das plântulas, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N) primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, emergência em campo e no teste padrão de germinação de sementes de feijão cultivar Pérola em cultivo de inverno.

De acordo com Bassan et al. (2001) a inoculação de sementes de feijão com *Rhizobium tropici*, não foram efetivas sobre o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de feijão cultivar Pérola no cultivo de inverno; recomenda-se a aplicação de nitrogênio até 90kg ha⁻¹, considerando os parâmetros de produtividade e a qualidade de sementes de feijão, em função das doses utilizadas.

O fornecimento de N em cobertura para o feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto aumentou o teor de proteínas, mas não influenciou a qualidade fisiológica das sementes. Houve comportamento diferenciado entre os cultivares (Pérola e IPR Juriti) quanto ao teor de proteínas e amido das sementes (GOMES JUNIOR, 2006).

Em trabalho objetivou avaliar a qualidade fisiológica de sementes de feijão do cultivar Pérola, antes e após o armazenamento, em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura, em sistema de semeadura direta. Utilizando um esquema fatorial 2x4: dois níveis de nitrogênio (0 kg ha⁻¹ e 90 kg ha⁻¹), no estágio de desenvolvimento V₄, e quatro níveis de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹), no início do estágio de desenvolvimento R₇, Toledo et al. (2009) verificaram que aplicação adicional de N em cobertura, no estágio V₄, proporcionou a obtenção de sementes de melhor qualidade fisiológica, logo após a colheita e após quatro meses de armazenamento, entretanto, o efeito das doses de nitrogênio em cobertura, no início do estágio R₇ das plantas, na qualidade fisiológica de sementes de feijão do cultivar Pérola, não foi mais observado após quatro meses de armazenamento.

O nitrogênio aplicado nos diferentes estádios (21, 32 e 38 dias após emergência das plântulas) de desenvolvimento da cultura não interfere nos componentes de produção e na qualidade fisiológica das sementes do feijoeiro (MEIRA et al. 2005).

As médias da porcentagem de germinação, em sementes de feijão-vagem, em função das doses de N, ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão para nitrato de cálcio e uréia, enquanto para a fonte sulfato de amônio, o ajuste foi de forma linear, onde as derivadas das equações representativas das fontes nitrato de cálcio e uréia revelaram as doses de 68,8 e 49 kg ha⁻¹ de N como aquelas responsáveis pelos valores máximos estimados para a porcentagem de germinação, 72 e 75%, respectivamente. Para sulfato de amônio ocorreu aumento linear na porcentagem de germinação, à medida que se elevaram as doses de nitrogênio, com incremento na ordem de 0,28% a cada quilograma de N adicionado ao solo, sendo que na dose máxima obteve-se um percentual de 84%, superior a porcentagem mínima de germinação tolerada para comercialização de sementes de feijão-vagem, definida em 70% (OLIVEIRA et al., 2003).

Segundo Crusciol et al. (2003) as doses de N aplicadas (semeadura e cobertura) não se mostraram consistentes quanto aos seus efeitos sobre a qualidade fisiológica, avaliada logo após a colheita, podendo-se afirmar que não houve efeito favorável da adubação nitrogenada sobre a germinação e o vigor de sementes de feijão.

Na prática, verifica-se vários questionamentos em relação a inoculação de sementes, fontes e método de aplicação de nitrogênio no feijoeiro, em solos mais ricos em matéria orgânica como no SPD em sucessão a gramínea. A antecipação da aplicação do nitrogênio, em relação à semeadura da cultura, em solos com boa fertilidade, argilosos e ricos em matéria orgânica, pode produzir resultados satisfatórios para o aumento da produtividade ao longo prazo (melhoria das qualidade químicas, físicas e biológicas do solo) e/ou menor custo de produção do feijoeiro. Assim, a obtenção de um manejo adequado do nitrogênio em sistema plantio direto onde a cultura antecessora proporciona fitomassa de alta quantidade e qualidade (alto teor de lignina, polifenóis e relação C/N), como nesse caso milho e *Brachiaria*, pode ser de suma importância para a cultura do feijão, no sentido de

oferecer maior segurança e precisão nas ações de manejo da adubação nitrogenada para o produtor com viabilidade econômica, além de aumentar a eficiência da planta na utilização dos recursos disponíveis e/ou prevenir as possíveis perdas de N por volatilização e, sobretudo por lixiviação. Evidenciando a possibilidade de aumentar a produtividade e qualidade das sementes, proporcionando assim sustentabilidade para o sistema de cultivo do feijão, pois, são poucas as informações sobre a relação entre o manejo do nitrogênio x matéria orgânica x microrganismos x cultura precedente em sistema plantio direto.

3. Material e Métodos

3.1. Características do local

O cultivo de feijão foi efetuado na área experimental da Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), no período de outono-inverno de 2006 e 2007, com irrigação. A área apresenta como coordenadas geográficas $51^{\circ} 24'$ de longitude Oeste de Greenwich e de $20^{\circ} 20'$ latitude sul, com altitude de 335m (Figura 17).



Figura 17 - Imagem IKONOS da área do experimento.
Fonte: Google Earth (2008).

Os experimentos foram conduzidos na mesma área e, também, nas mesmas parcelas. O solo do local segundo o levantamento detalhado efetuado por Demattê (1980), foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, epi-eutrófico álico textura argilosa, sendo denominado de Latossolo Vermelho Distrófico argiloso, pela atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA/CNPSo,

2006). Segundo Hernandez et al. (1995), a precipitação pluvial média anual é de aproximadamente 1370 mm, e a temperatura média anual é em torno de 23,5°C e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. Nos Gráficos 1, 2 e 3, estão apresentadas a precipitação, umidade relativa e temperatura durante a condução do trabalho em campo. Nas Figuras 18 e 19 estão apresentados os esquemas cronológicos das diferentes etapas durante a condução do trabalho em campo, no município de Selvíria (MS), nos anos de 2006 e 2007, respectivamente.

Foram coletadas amostras de solo na área experimental 15 dias antes da semeadura, percorrendo a área em zig-zag e coletando 15 pontos, na profundidade de 0 - 0,20 m, para formar uma amostra composta. As coletas foram realizadas nas entrelinhas da cultura antecessora, no espaço compreendido entre os pontos médios dos mesmos, segundo metodologia descrita por Raji et al. (2001). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo na profundidade de 0-0,20 m. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Cultivo	P _{resina} mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	V (%)	S mg dm ⁻³
2006	21	28	4,9	2,1	28	13	35	1	55	21
2007	16	17	5,0	5,1	26	14	22	0	67	20

3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial 2x2x8 com 32 tratamentos e 4 repetições, constituído pela combinação de inoculação de sementes com *Rhizobium tropici* (presença e ausência), fontes de nitrogênio (uréia – 45% de nitrogênio e Entec 26® - 26 % de N + 13% de S + moléculas DMPP, objetivando inibir a nitrificação) e diferentes modos de aplicação de nitrogênio [testemunha – sem N, 30 dias antes da semeadura – DAS, 15 DAS, semeadura, 15 dias após semeadura no estádio V₂ – DASE, 30 DASE no estádio V₄ (FERNANDEZ et al., 1992), 1/3 Semeadura + 2/3 15 DASE, 1/3 Semeadura + 2/3 30 DASE] na dose de 90 kg ha⁻¹. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 6,0m de comprimento espaçadas 0,50m entre si. A área útil foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50m em ambas as extremidades de cada linha.

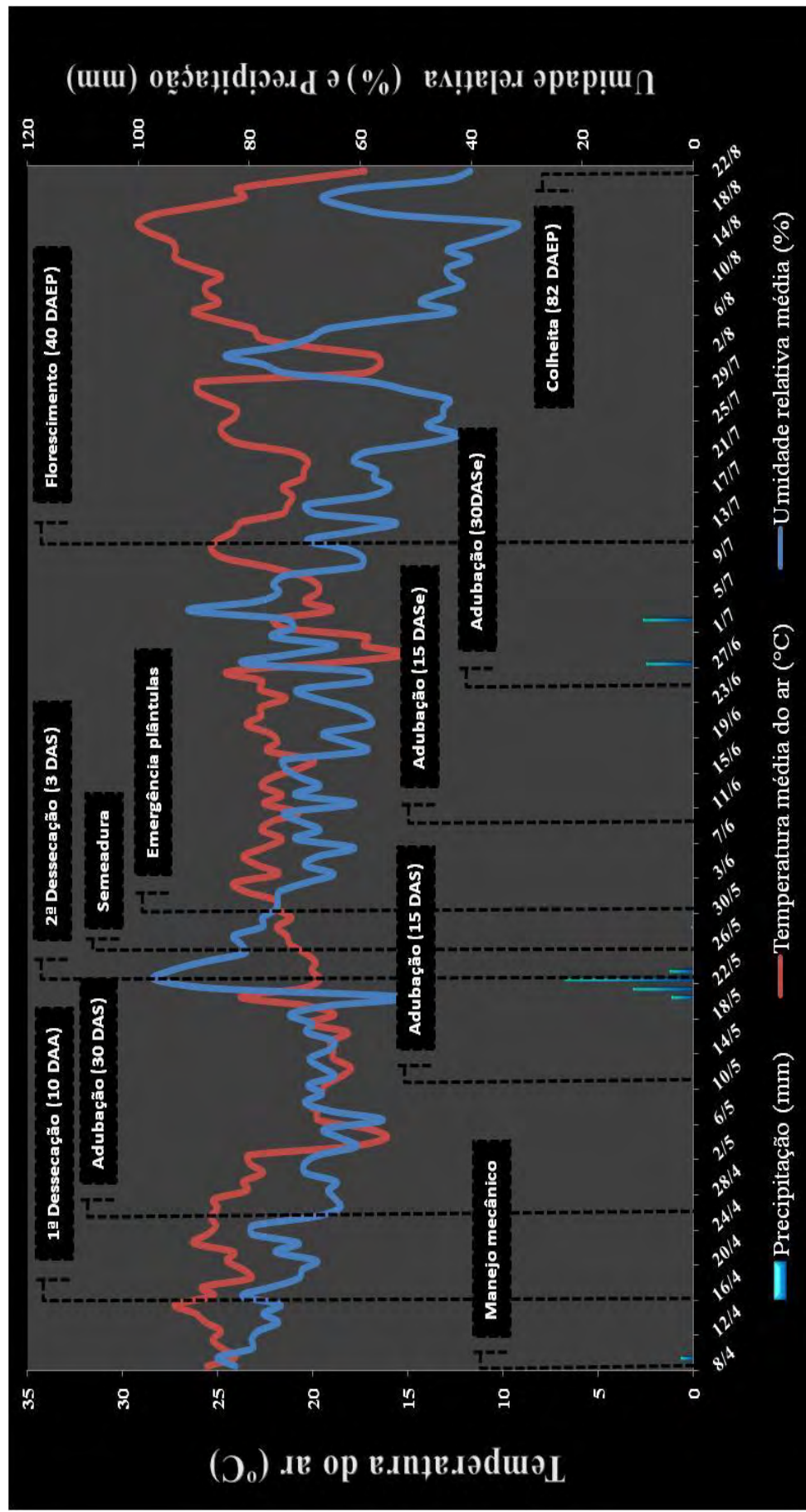


Gráfico 1 - Precipitação (mm), umidade relativa média (%), temperatura média (°C) e temperatura média (°C), durante a condução do experimento, Selvíria (MS), 2006. dias antes da 1ª adubação (DAA), dias após emergência de plântulas (DAEP), dias antes da sementeira (DAS) e Dias após sementeira (DASE).

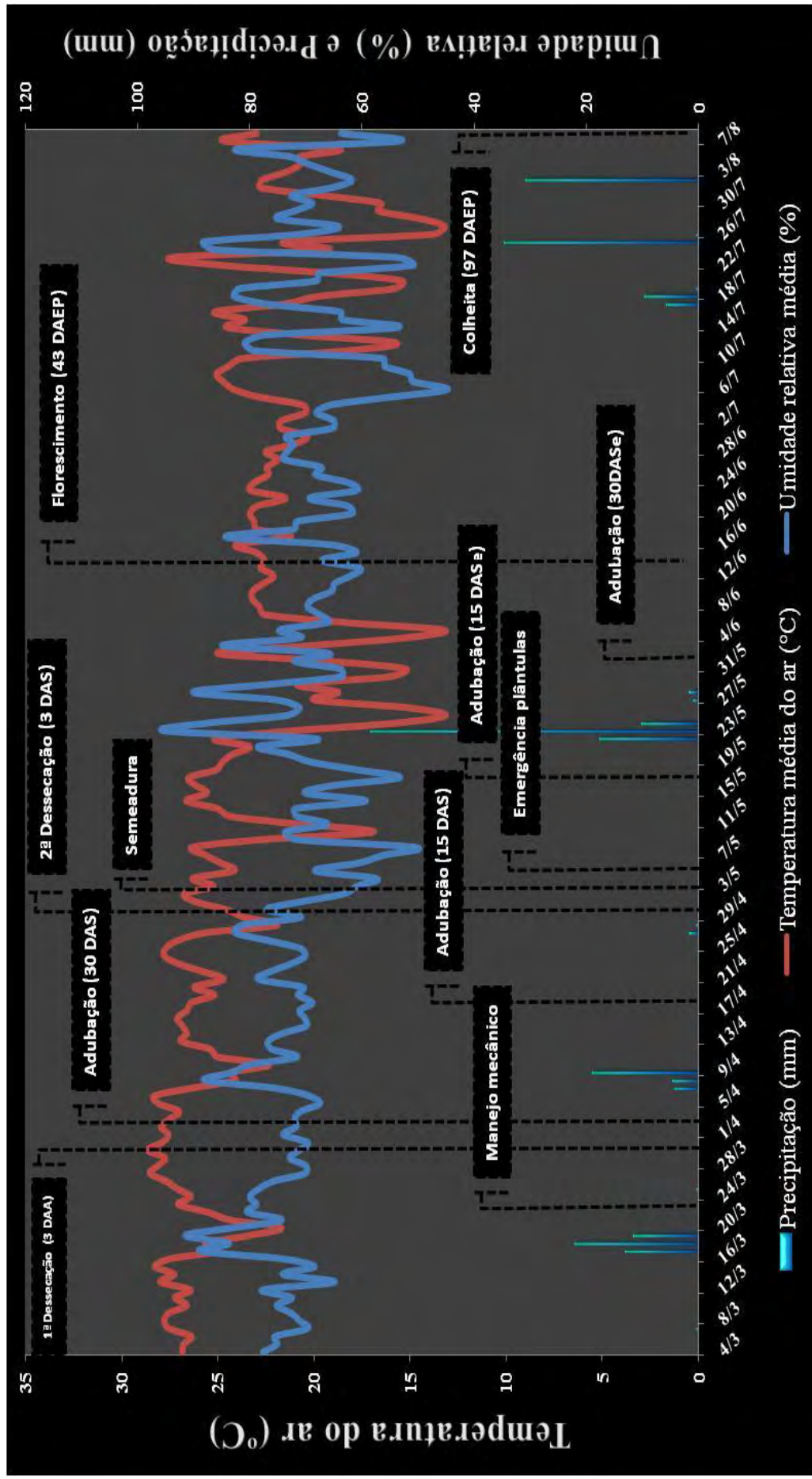


Gráfico 2 - Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), durante a condução do experimento, Selvíria (MS), 2007. dias antes da 1ª adubação (DAA), dias após emergência de plântulas (DAEP), dias antes da semeadura (DAS) e Dias após semeadura (DASE).

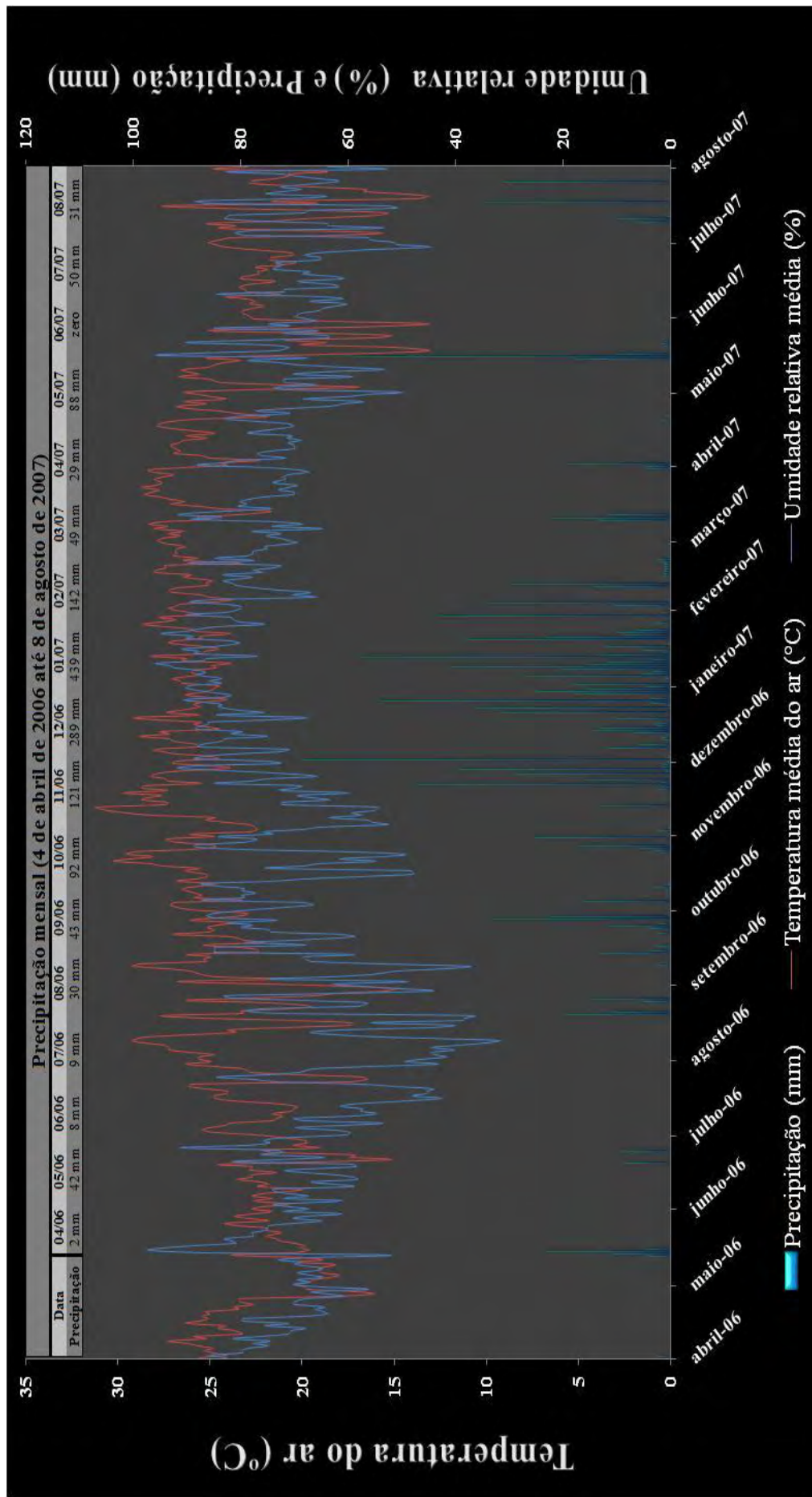


Gráfico 3 - Precipitação (mm), umidade relativa média (%) e temperatura média (°C), no período de 4 de abril de 2006 até 8 de agosto de 2007, Selvíria (MS).

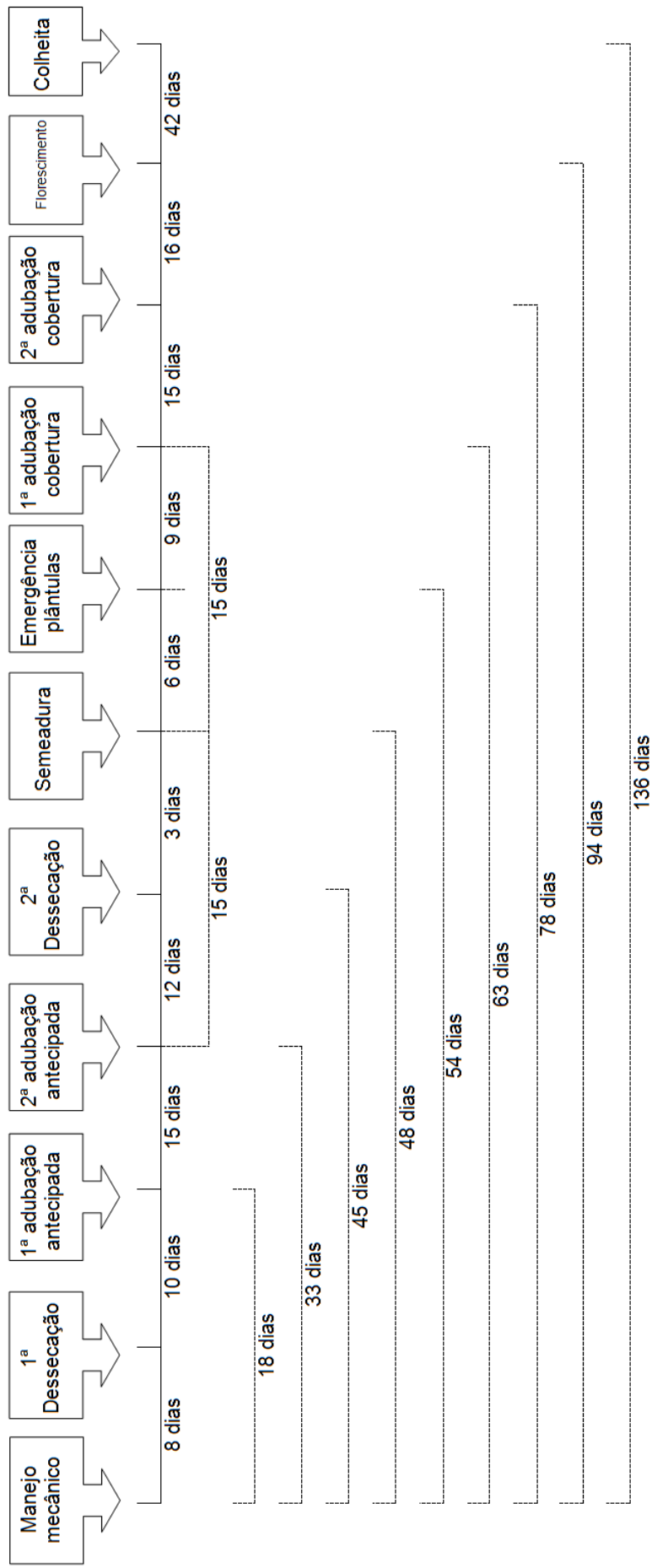


Figura 18 - Esquema cronológico das diferentes etapas durante a condução do experimento em campo, Selvíria (MS), 2006.

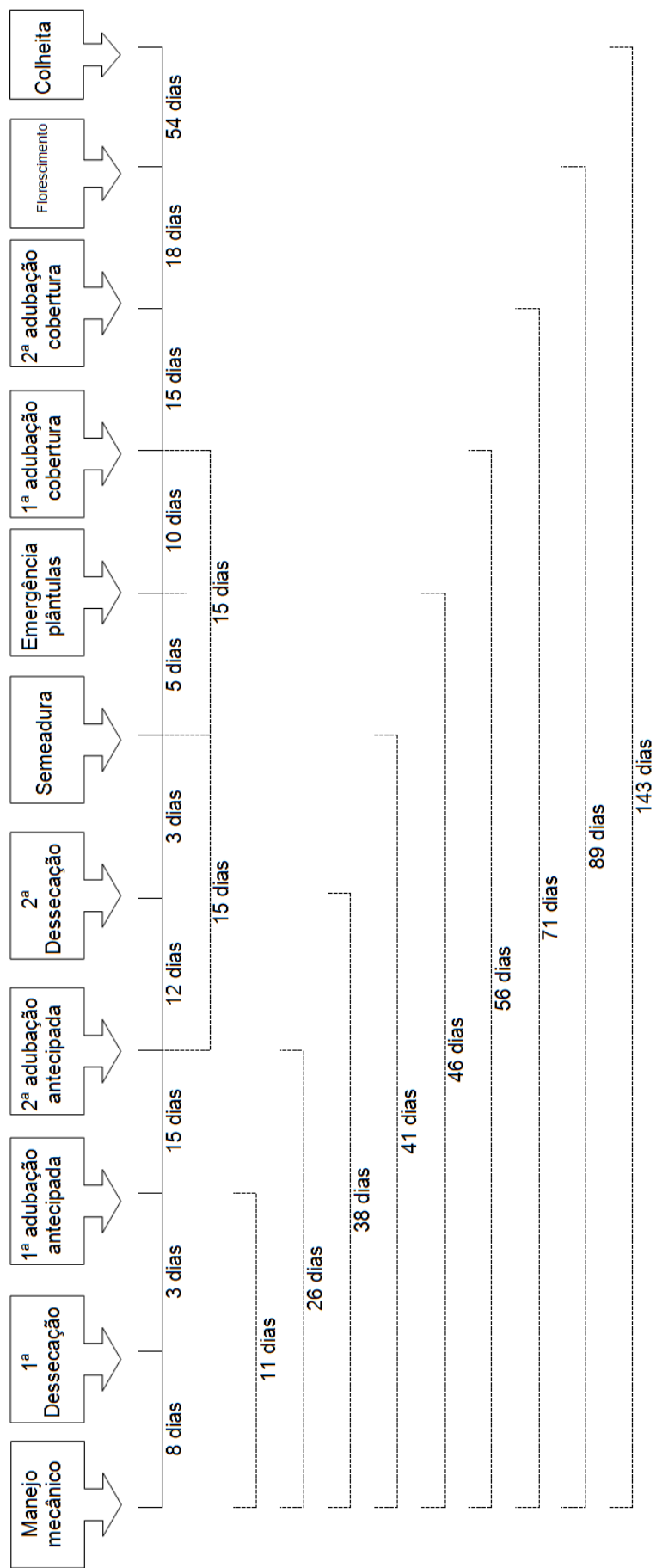


Figura 19 - Esquema cronológico das diferentes etapas durante a condução do experimento em campo, Selvíria (MS), 2007.

3.3. Histórico e manejo da área experimental

A semeadura foi realizada em área anteriormente ocupada com a cultura do milho e *Brachiaria brizantha*, com um esquema anterior de sucessão de culturas (milho, feijão, milho, feijão e milho + braquiária – cultura antecessora). Imediatamente após o manejo mecânico da cultura antecessora e 8 dias após o manejo mecânico, foram realizada avaliação da produção de massa seca da cultura antecessora para anos de 2006 e 2007, respectivamente, por meio de amostragens de 0,25 m² em vários pontos da área experimental, utilizado uma armação de ferro de 0,50 x 0,50 m, obtendo-se uma produção média de massa seca dos restos culturais de 14 e 15 t ha⁻¹, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. Os tratamentos foram instalados em local onde o sistema de plantio direto foi iniciado no ano agrícola 1996/97. A área de cultivo foi manejada mecanicamente (triton) com objetivo de facilitar a implantação das parcelas experimentais 8 dias antes da primeira dessecação. Aos 10 e 3 dias antes da primeira adubação antecipada, a área de cultivo foi dessecada com o herbicida glyphosate (1560 g ha⁻¹ do i.a.), para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. A área foi novamente dessecada utilizando o herbicida glyphosate (1560 g ha⁻¹ do i.a.) 3 dias antes da semeadura para os dois anos de cultivo.

3.4. Instalação e condução do experimento

O feijão foi semeado, mecanicamente, no dia 26 de maio de 2006 e 03 de maio de 2007, utilizando o cultivar Pérola com sementes suficientes para obtenção de 10 plantas m⁻¹.

O cultivar Pérola foi obtido na Embrapa Arroz e Feijão da seleção do cultivar Aporé, que apresenta crescimento indeterminado e hábito do tipo II / III (semi-ereto a prostrado). É resistente ao mosaico comum, moderadamente resistente a murcha de *Fusarium*, intermediário para ferrugem, suscetível a mosaico dourado, crestamento bacteriano comum e antracnose (EMBRAPA/CNPAF, 1997).

A adubação química básica no sulco de semeadura, calculada de acordo com as características químicas do solo e levando em consideração as recomendações de Ambrosano et al. (1997), foi constituída de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Após a semeadura a área foi irrigada para promover a germinação das sementes e emergência das plântulas.

Nos tratamentos das parcelas com aplicação do nitrogênio de forma antecipada à semeadura, foram realizadas adubações a lanço, e nas demais parcelas as aplicações foram próximas a linha de semeadura. Após a aplicação de nitrogênio, a área foi irrigada com o objetivo de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por meio de um sistema de irrigação do tipo pivô central (Apêndice A1).

As sementes não receberam tratamento fitossanitário, para evitar efeito do defensivo agrícola nos tratamentos com inoculação de sementes. As parcelas com inoculação de sementes, tanto em 2006 e 2007, foram inoculadas com a mistura das estirpes SEMIA 4077 (= CIAT 899) e SEMIA 4080 (= PRF 81) de *Rhizobium tropici*, na dose 22,4x10⁹ células por quilograma de semente (6,5 x10⁶ células por semente).

Na Tabela 2 estão apresentadas as principais características das espécies de *Rhizobium* nodulante do gênero *Phaseolus*.

Tabela 2 - Principais características das espécies de *Rhizobium* nodulantes do gênero *Phaseolus* (SANTOS, 2009).

Característica	<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>Phaseoli</i>	<i>Rhizobium Tropici</i>	<i>Rhizobium etli</i>
Planta hospedeira	<i>Phaseolus</i> sp	<i>Phaseolus vulgaris</i> ; <i>Leucena</i> sp	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Temperatura de crescimento (meio YMA)	25-28°C	28-32°C	25-28°C
pH (meio YMA)	6,8	5-6,8	6,8
Reiteirrações genômicas (nifH)	não determinada	Não (cópia simples)	sim (múltiplas cópias)
Estabilidade genômica	não determinada	estável	instável

O inoculante utilizado foi o do tipo líquido com 4x10⁹ células por mililitro. A estirpe SEMIA 4080 (= PRF 81), é isolada de um solo do Paraná e recomendada desde 1998, tendo comprovado alta capacidade de fixação de N₂ e competitividade

contra rizóbios nativos em diversos ensaios realizados no Brasil. A SEMIA 4077 é a estirpe-padrão da espécie *Rhizobium tropici* e pertence ao tipo IIB e a SEMIA 4080 apresenta propriedades fisiológicas intermediárias entre os tipos IIA e IIB de *Rhizobium tropici*, mas sua posição taxonômica exata ainda necessita ser definida (HUNGRIA et al., 2000 citado por SANTOS, 2009).

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com a aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen (160 + 200 g ha⁻¹ do i.a.) e fomesafen (225 g ha⁻¹ do i.a.) aos 20 e 17 dias após emergência das plântulas, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. Aos 49 dias após emergência das plântulas foi realizada pulverização com deltamethrine (262 g ha⁻¹ do i.a.) e aos 50 dias após emergência das plantas foi realizada pulverização com mancozeb (1200 g ha⁻¹ do i. a.) para o cultivo de 2006. O controle das pragas e doenças no cultivo de 2007 foi feito por meio de pulverizações, que se iniciaram 10 dias após a emergência das plântulas, com a utilização do inseticida methamidophos (300 g ha⁻¹ do i. a.), e posteriormente aos 69 dias da emergência das plântulas realizou-se nova pulverização com a utilização do fungicida thiophanate methyl com a utilização do inseticida e acaricida parathion methyl (450 + 300 g ha⁻¹ do i. a.), respectivamente.

Nos apêndices A1 até A16 estão fotos da área experimental durante os diferentes estádios fenológicos no cultivo de 2006 e 2007 do feijoeiro de inverno irrigado em sistema plantio direto.

3.5. Avaliações realizadas

3.5.1. Desenvolvimento e produtividade

3.5.1.1. Determinação do teor e retorno potencial de nutrientes da fitomassa seca da cultura de cobertura.

Após a determinação da produção de massa seca, as amostras foram homogeneizadas e retirou-se uma subamostra de aproximadamente 30g. O material foi moído em moinho tipo Wiley. Posteriormente foi conduzido ao laboratório para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo a metodologia proposta

por Malavolta et al. (1997). O potencial de retorno de macronutrientes foram obtidos pelo produto da quantidade de massa seca com os teores dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura e foram expressos em kg ha^{-1} .

3.5.1.2. Percentual de cobertura do solo

Foi determinada utilizando metodologia proposta por Lafen et al. (1981), que consiste na colocação de uma barra de três metros, com marcações a cada 0,05 m, na superfície do solo, onde a mesma é posicionada transversalmente na parcela e depois se conta o número de vezes que a cobertura vegetal coincidiu com o ponto marcado na régua. Por meio da relação do número de pontos coincidentes pela cobertura vegetal e número total de pontos marcados na régua, se obteve a porcentagem de cobertura vegetal do solo. Foram realizadas aos 30 e 15 dias antes da semeadura, na semeadura, 15 e 30 dias depois da semeadura e florescimento.

3.5.1.3. População de plantas inicial e final

Foi avaliada a população de plantas por meio da contagem das plantas em duas linhas de cinco metros da área útil das parcelas: população de plantas inicial – realizada na fase V_2 (50% das plantas com folhas primárias expandidas) e população de plantas final - realizada no momento de colheita. Os dados foram transformados em plantas ha^{-1} .

3.5.1.4. Número de nódulos por planta

No florescimento foi avaliado o número de nódulos presentes no sistema radicular de cinco plantas na área útil das parcelas. As plantas foram arrancadas com enxadão na profundidade de 0 - 0,20 m. Em seguida foi realizada a lavagem do sistema radicular da plantas e do solo próximo das raízes das mesmas, para separação e contagem dos nódulos. Os dados foram transformados em número de nódulos por planta.

3.5.1.5. Massa seca da planta

Por ocasião do florescimento pleno, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado na área útil e foram retiradas as folhas. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e o restante do material vegetal em outro saco de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura média de 60°C, até atingir massa constante. Posteriormente foram determinadas as massas da matéria seca e somadas (folha + resto do material vegetal) e os valores convertidos em g planta⁻¹.

3.5.1.6. Teor de nitrogênio e enxofre na folha

As folhas retiradas na avaliação anterior após a pesagem, foram moídas em moinho tipo Wiley para determinação do teor de nitrogênio e enxofre segundo metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974), Malavolta et al. (1997).

3.5.1.7. Componentes de produção

Por ocasião da colheita foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado na área útil de cada parcela e levadas para o laboratório para determinação de: número de vagens por planta, número de sementes por planta, número de sementes por vagem e massa de 100 sementes.

3.5.1.8. Produtividade

As plantas de duas linhas de cinco metros da área útil de cada parcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem as mesmas foram submetidas à trilhagem manual, foram determinadas a massa das sementes e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

3.5.2. Qualidade química das sementes

Foi conduzido no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista.

3.5.2.1. Teor de nitrogênio das sementes

Após a avaliação da produtividade de sementes, de cada parcela retirou-se uma amostra de 100 g de sementes a qual foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar, até atingir massa constante. As sementes foram moídas em moinho tipo Wiley, obtendo-se a farinha (FA) de feijão com casca, para determinação do teor de nitrogênio. A determinação do teor de nitrogênio nas sementes foi realizada pelo método Kjeldahl, conforme descrito por Sarruge e Hagg (1974), Malavolta et al. (1997).

3.5.2.2. Teor de proteína bruta das sementes

O teor de proteína bruta foi determinado multiplicando-se o valor do nitrogênio das sementes (g kg^{-1}) determinado pela decomposição das proteínas e outros componentes nitrogenados na presença de H_2SO_4 concentrado a quente, segundo o método Kjeldahl, pelo fator 6,25 (Association of Official Analytical Chemists- AOAC, 1995), obtendo-se, assim, o teor de proteína bruta, em gramas de proteína por kilograma de semente. Posteriormente foi convertido em porcentagem de proteína.

Fator de conversão

A maioria dos alimentos^(*) possui em média 16% de nitrogênio, portanto:

$$\begin{array}{l} 16\text{g N} \text{ ————— } 100\text{g proteínas} \\ 1\text{g N} \text{ ————— } \text{Xg} \end{array} \quad \text{Xg} = 100/16 = \boxed{6,25}$$

^(*)Carnes, ovos, leguminosas, verduras, tubérculos, raízes e similares

Sendo assim, o teor de proteína bruta de um alimento pode ser obtido pela multiplicação do teor de N - total pelo fator de conversão (6,25).

3.5.2.3. Teor de proteína solúvel das sementes

3.5.2.3.1. Extração da proteína solúvel

Para a extração da proteína solúvel total foi utilizado o método descrito por Bielski e Turner (1966). 1 g da FA foi utilizada para a extração da proteína; e acrescentou-se à mesma 4 mL de NaOH a 0,1 N, homogeneizando-se em seguida. Esta mistura ficou por vinte e quatro horas a 10°C e, posteriormente, foi centrifugada a 1500 G por dez minutos. A extração foi repetida por mais duas vezes, obtendo-se final de 10 mL. O resíduo foi descartado.

3.5.2.3.2. Quantificação da proteína solúvel

Para a quantificação da proteína solúvel total, utilizou-se o método descrito por Bradford (1976). À alíquota de 0,1 mL do extrato obtido anteriormente, foram acrescentados 5 mL do reagente de Bradford e mantido em repouso por dois minutos, tempo necessário para se completar a reação. Depois de completada a reação e antes de 1 hora, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 595 nm. O reagente de Bradford foi preparado a partir de 50 mg de Coomassie Blue Brilliant G 250 que foram dissolvidos em 50 mL de Etanol a 95% (P:V), acrescentados 100 mL de Ácido Ortofosfórico a 85% (P:V) e o volume completado até 1000 mL com água destilada. O reagente foi mantido em frasco escuro a temperatura ambiente. O padrão utilizado foi Albumina Soro Bovino na faixa de 0 a 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de proteína.

Os dados obtidos foram convertidos em porcentagem de proteína na semente.

3.5.2.4. Rendimento de proteína bruta e solúvel por hectare

O rendimento de proteína bruta e solúvel por hectare foi obtido multiplicando-se o valor obtido de produtividade de sementes pelos percentuais de proteína bruta e solúvel encontrados para cada tratamento, respectivamente.

3.5.2.5. Teor de aminoácidos e carboidratos das sementes

3.5.2.5.1. Extração de aminoácidos e carboidratos das sementes

A extração de aminoácidos e carboidratos foi realizada segundo o método descrito por Bielski e Turner (1966), para a qual se tomou 1 g FA para a extração; acrescentou-se à FA 10 mL de MCW (metanol, clorofórmio e água, na proporção 12:5:3), que foi homogeneizado imediatamente, deixado em repouso por vinte e quatro horas a 10°C e centrifugado a 1500 G por dez minutos. O sobrenadante (S1) e o resíduo (R1) foram reservados separadamente. Prosseguindo a extração, para cada quatro volumes do sobrenadante S1 foram adicionados 1 volume de clorofórmio e 1,5 volume de água destilada. A mistura foi centrifugada e a fase orgânica descartada. A fase aquosa (FAQ) obtida foi usada para a determinação do teor de aminoácidos e açúcares livres.

Para a extração de polissacarídeo solúvel em água (WSP) foram acrescentados 4 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10 % (w:v) ao resíduo R1, foi misturado e centrifugado a 1500 G por dez minutos, obtendo o sobrenadante (S2). A extração foi repetida por mais duas vezes, até completar o volume de 10 mL de S2. O sobrenadante S2 obtido foi utilizado para dosagem de WSP e o resíduo (R2) reservado para a extração de amido.

Ao resíduo R2 foram adicionados 4 mL de ácido perclórico (PCA) a 30% (w:v) que foi homogeneizado e centrifugado a 1500 G por dez minutos. O processo de extração foi repetido por mais duas vezes, obtendo-se volume final de sobrenadante (S3) de 10 mL de extrato. O sobrenadante S3 foi utilizado para a determinação de amido e o resíduo foi descartado.

3.5.2.5.2. Quantificação

3.5.2.5.2.1. Aminoácidos

O método de Yemn e Cocking (1955) foi utilizado para a determinação de aminoácidos. À alíquota de 0,1 mL da FAQ obtida acrescentou-se 500 µL de tampão citrato + 200 µL de solução de ninhidrina 5% em Metilglicol + 1 mL de solução de KCN (2×10^{-4} M). A mistura foi aquecida em banho maria a 100°C por dez minutos, resfriada por dez minutos em água corrente e, em seguida, completou-se o volume para 4 mL utilizando-se álcool etílico 60%. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 570 nm. O padrão utilizado foi leucina na faixa de 0 a 100 µg.

Os dados obtidos foram convertidos em porcentagem de aminoácidos na semente.

3.5.2.5.2.2. Carboidratos

Análise quantitativa de carboidratos - Os açúcares livres, polissacarídeos solúveis em água (WSP) e amido foram quantificados pelo método fenolsulfúrico, descrito por Dubois et al. (1956). Em cada 1 mL dos extratos obtidos nas extrações de açúcares livres (FAQ), polissacarídeos solúveis em água (S2) e o amido (S3), adicionaram-se 1 mL de solução aquosa de fenol a 5% (w:v) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A mistura foi agitada e mantida em repouso por 15 minutos para completar a reação e esfriar. Após o resfriamento dos tubos, foi feita a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 490 nm. A curva padrão utilizada foi determinada com dextrose na faixa de concentração de 0 a 100 µg.

Os dados obtidos foram convertidos em porcentagem de açúcares livres, polissacarídeos solúveis em água, amido e carboidrato total (AL + WSP + amido) na semente.

3.5.3. Qualidade fisiológica das sementes

Foi conduzido no Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio - Economia da FE – UNESP, Campus de Ilha Solteira (SP).

Para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, estas foram submetidas ao teste de germinação (teste padrão) e testes de vigor. Os testes de vigor empregados foram divididos em: testes fisiológicos (primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação); testes de resistência (envelhecimento acelerado) e teste bioquímico (condutividade elétrica) (MCDONALD, 1975).

3.5.3.1. Determinação do grau de umidade

Foi determinado pelo método da estufa, a 105°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) durante 24 horas, com utilização de duas amostras de 5 g para cada tratamento, conforme a metodologia indicada pelas regras para análise de sementes (BRASIL, 1992).

3.5.3.2. Teste de germinação

Foi realizado com 4 sub-amostras de 50 sementes em rolos de papel toalha apropriado (Germitest) a 25 \pm 1°C, mantendo-se a temperatura constante. O papel foi umedecido com água destilada numa quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, de forma a uniformizar o teste. As contagens de plântulas normais foram realizadas aos 5 e 9 dias após a semeadura, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992)

3.5.3.3. Primeira contagem de germinação

Foi realizado juntamente com o teste de germinação e constou do registro da porcentagem de plântulas normais verificadas 5 dias após a instalação do teste, (BRASIL, 1992), em técnica semelhante a descrita por Nakagawa (1999).

3.5.3.4. Índice de velocidade de germinação

Foi realizada em conjunto com o teste de germinação, onde o índice de velocidade para cada tratamento foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = N1/D1 + N2/D2$$

onde:

IVG = Índice de velocidade de germinação;

N1 e N2= número de plântulas normais na primeira contagem (5 dias) e última contagem (9 dias), respectivamente;

D1 e D2= número de dias da semente à primeira (5 dias) e à última contagem (9 dias) respectivamente.

3.5.3.4. Envelhecimento Acelerado

Foi realizado segundo metodologia traduzida por Marcos Filho (1999), utilizando-se quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamento, pelo método de gerbox, onde 200 sementes foram colocadas sobre a tela de inox de uma caixa plástica (gerbox), contendo no fundo 40 mL de água destilada. Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas ao germinador regulado à temperatura de 41°C, onde permaneceram por 72 horas. Transcorrido esse período, as sementes foram semeadas conforme descrição para o teste de germinação e as plântulas normais foram avaliadas após 5 dias.

3.5.3.6. Condutividade elétrica

Foi realizado segundo o método descrito por Marcos Filho (2005), utilizando quatro repetições de 50 sementes por tratamento, cujas massas foram previamente determinadas. Após a determinação da massa de cada amostra as sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada, mantidas em

germinador a temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas. Decorrido esse período, a condutividade da solução de embebição foi determinada com o uso do condutímetro modelo CD-20. Foi determinada a condutividade da água e o valor obtido foi subtraído do valor da condutividade da solução. Posteriormente, dividiu-se o valor encontrado pela massa da amostra (g) e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

3.6. Análise estatística

Todos os dados, com exceção do número de nódulos e umidade das sementes, foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. Foi utilizado o programa SANEST, Sistema de Análise Estatística (ZONTA; MACHADO, 1986).

4. Resultados e Discussão

A emergência das plântulas ocorreu aos 6 e 5 dias após a semeadura, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. O florescimento pleno ocorreu aos 40 e 43 dias após a emergência das plântulas e a colheita foi realizada manualmente aos 82 e 97 dias após a emergência das plântulas nos anos de 2006 e 2007, respectivamente.

Na avaliação da porcentagem de cobertura do solo verificou-se 100 % da mesma (exceção na linha de semeadura) nas diferentes épocas avaliadas (30 e 15 dias antes da semeadura, na semeadura, 15 e 30 dias depois da semeadura e florescimento) para os dois anos de cultivo. Segundo Kluthcouski et al. (2003), a palhada da *Braquiaria brizantha*, associada aos restos de cultura do milho, apresentou uma massa seca de 16 t ha⁻¹, resultados próximo aos obtidos nesse trabalho com produção de 14 e 15 t ha⁻¹, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. As coberturas vegetais proporcionadas pelas braquiárias (*Braquiaria decumbens* e *Braquiaria brizantha*) garantiram acúmulo de massa vegetal seca, acima de 11 t ha⁻¹, na época do manejo químico (TIMOSSI et al., 2007). Ainda de acordo com Kluthcouski et al. (2003), as 16 t ha⁻¹ de massa seca na superfície do solo em cultivo de feijoeiro de inverno, foi suficiente para proteção plena do mesmo por mais 107 dias, resultados semelhantes obtidos nesse trabalho que teve 100% de cobertura do solo por mais de 94 e 89 dias (última avaliação realizada - florescimento), para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente.

Gomes Junior (2006) verificou 100 % de cobertura do solo até 173 dias após o manejo químico da braquiária MG5, já quando se utilizou como cobertura vegetal o milho até 84 dias e para o milho inferior a 84 dias. Essa alta longevidade da palhada de *Brachiaria* é decorrente da boa qualidade do resíduo vegetal (alta relação C/N e teor de lignina) e alta quantidade da mesma. Pois de acordo com Kluthcouski et al. (2003), a palhada de braquiária, produzida em consórcio com o milho, apresentou maior longevidade que as espécies arroz e milho em cultivo solteiro. Os mesmos autores mencionam que a braquiária apresentou potencial para cobertura do solo no SPD, devido a sua longevidade, alto rendimento de biomassa e plena adaptação ao bioma dos Cerrados.

Os teores e o retorno potencial dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S da fitomassa da cultura anterior, estão apresentados nas Figuras 20 e 21.

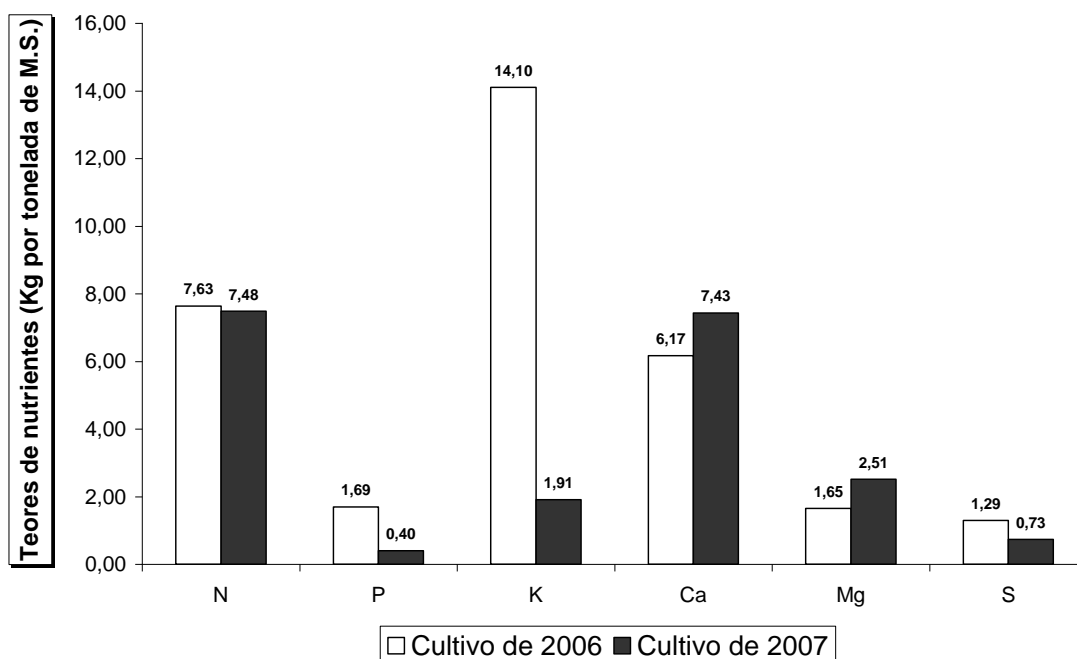


Figura 20 - Teores de nutrientes da fitomassa da cultura antecessora, Selvíria (MS), 2006 e 2007.

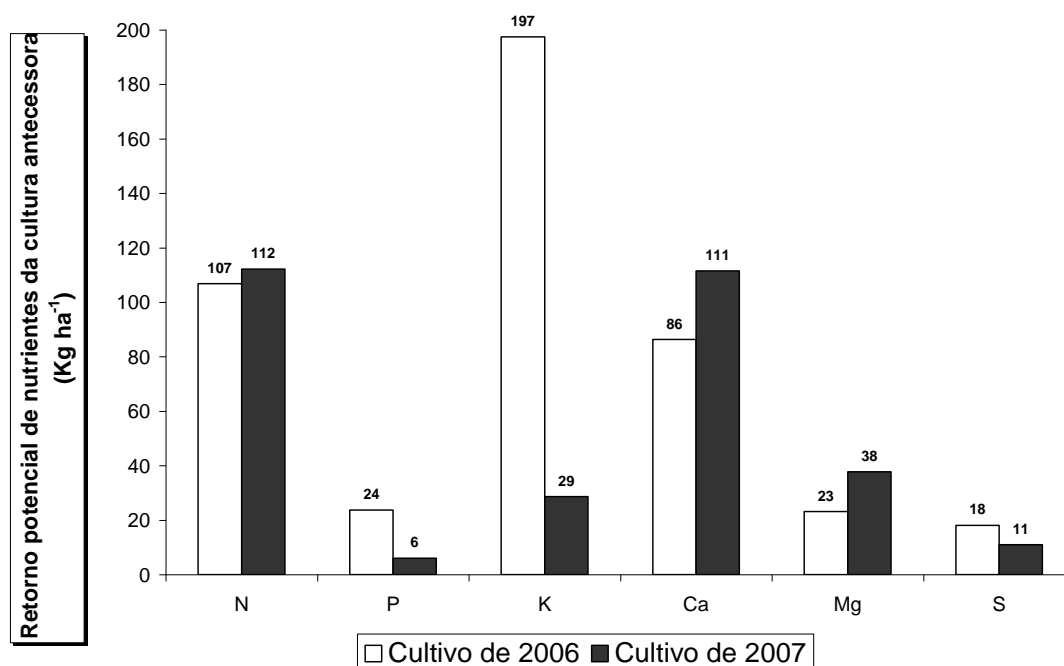


Figura 21 - Retorno potencial de nutrientes da cultura antecessora, Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Verificou-se pouca variação do teor de nitrogênio da fitomassa da cultura antecessora para o cultivo de 2006 e 2007. A cobertura vegetal milho + *Brachiaria*

propiciou 14 e 15 toneladas de palha produzida por hectare, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. Representa uma disponibilidade potencial para ser aproveitado pela cultura subsequente de 107 e 112 kg ha⁻¹ de N, ou seja, 7,63 e 7,48 quilogramas por tonelada de biomassa seca, respectivamente. Para os o restante dos macronutrientes verificou-se um retorno de 1,63 e 0,40; 14,10 e 1,91; 6,17 e 7,43; 1,65 e 2,51; 1,29 e 0,73 quilogramas por tonelada de resíduos de P, K, Ca, Mg e S, para o cultivos de 2006 e 2007, respectivamente. Gomes Junior (2006) verificou retorno de 17 kg de N por tonelada de palhada para braquiária MG5.

Podemos evidenciar nas Figuras 20 e 21 que os macronutrientes primários nitrogênio e o potássio foram os encontrados em maiores quantidades na biomassa seca da cultura antecessora. O teor de nitrogênio foi praticamente o mesmo para os dois anos de cultivo, no entanto, o potássio deve um menor valor no segundo ano de cultivo. Pois nesse ano de cultivo a coleta da matéria seca para avaliação dessa análise, foi realizada 8 dias após o manejo mecânico e não imediatamente após manejo mecânico da cultura antecessora como no primeiro ano. Assim grande quantidade de potássio já tinha sido lixiviado da palhada no momento da coleta.

Segundo Rosolem et al. (2007) a ação da água das chuvas, independentemente da mineralização da matéria orgânica, pode constituir um fator importante na lixiviação de nutrientes de restos vegetais, como ocorre com o K. Rosolem et al. (2003) submeteram restos vegetais de seis espécies de plantas de cobertura a diferentes quantidades de chuva aplicada e observaram lixiviação de K, com valores que variaram de 7 a 24 kg ha⁻¹ de K, sem que houvesse decomposição da palha.

Na Tabela 3 constam os valores médios da população de plantas inicial e final do feijoeiro de inverno.

Verificou-se que não houve influência dos diferentes tratamentos utilizados (inoculação, fonte e modo de aplicação de nitrogênio) tanto para população de plantas inicial quanto para a população final no cultivo de 2006. No cultivo de 2007, entretanto, a utilização da uréia como fonte de nitrogênio proporcionou maior população de plantas inicial e final quando comparado com o Entec 26®.

Segundo Calegari et al. (1998), a elevada taxa de decomposição (rápida) dos resíduos vegetais pode contribuir para diminuição dos patógenos. A utilização,

assim, da uréia como fonte de N pode ter proporcionado talvez uma taxa mais elevada de decomposição de material orgânico em relação ao Entec 26®, proporcionando uma menor incidência de patógenos.

Tabela 3 - População inicial e final em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	População de Plantas			
	Inicial – Estádio V ₂ [*]		Final - Colheita	
	2006	2007	2006	2007
	-----plantas ha ⁻¹ x 1000-----			
Inoculação				
Não inoculado	160 ¹	192	125	154
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	164	191	122	155
Fonte de nitrogênio				
Uréia	163	197 a	122	159 a
Entec 26®	161	186 b	125	151 b
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	162	192	122	155
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	172	184	128	150
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	158	185	121	155
Semeadura (S) – Dose única	164	192	127	161
15 Dias após semeadura (Dose única)	149	192	117	154
30 Dias após semeadura (Dose única)	155	191	125	160
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	167	202	122	149
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	169	192	128	153
C.V.(%)	14,07	9,99	11,31	11,65

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 50% das plantas com folhas primárias expandidas.

Pode ser decorrência também que com a aplicação do Entec 26®, tenha propiciado talvez plantas com maior teor de aminoácidos livres, como ocorreu com as sementes produzidas com essa fonte de N no segundo ano de cultivo, conseqüentemente, esse maior teor de aminoácidos livres tenha resultado em um

maior ataque de pragas e doenças. Souza (2006), utilizando uréia e Entec 26®, não observaram diferenças na população de plantas inicial e final.

Deve-se salientar que a população de plantas foi menor que a recomendada para a cultura, que está entre 170.000 a 230.000 plantas, para os cultivares do tipo III (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). No cultivo de 2006 uma população inicial e final média foi de 162.000 e 124.000 plantas, e o no cultivo de 2007 uma população inicial e final média 191.000 e 155.000 plantas. Pelas suas características de crescimento prostrado, o cultivar Pérola teve capacidade de compensar essa menor população, conseguindo o fechamento das entrelinhas do feijoeiro no florescimento. O estabelecimento inicial deficiente da cultura foi em decorrência da não germinação de algumas sementes, pois, utilizou-se 10 sementes viáveis por metro. Pela elevada cobertura morta (14 t ha^{-1} - 2006 e 15 t ha^{-1} - 2007) proveniente da cultura anterior (milho + braquiária), parte das sementes não conseguiram germinar, pois o sistema de corte da semeadora não foi eficiente no corte da palhada presente na área deixando, assim, algumas sementes entre a palhada, sem contato com o solo e conseqüentemente não ocorrendo a embebição e nem a germinação das mesmas.

Populações finais por volta de 150, 170 e 220 mil plantas hectare para cultivar Pérola em sucessão braquiária, milho e milheto, respectivamente, foram obtidas por Gomes Junior (2006). O mesmo autor cita que a população final de plantas foi baixa, principalmente quando a semeadura ocorreu sobre restos culturais de braquiária e milho devido à problemas no momento da implantação da cultura. Embora o milheto tenha produzido 21,2 toneladas de matéria seca por hectare, a redução no estande não foi tão severa quanto ao que ocorreu nas áreas com palhada de braquiária e milho, que apresentaram produção de 12,3 e 5,5 toneladas de matéria seca por hectare, respectivamente. Nestas áreas o mecanismo de corte da semeadora não efetuou com eficácia a abertura da palha, assim, algumas sementes acabaram sendo depositadas entre a massa vegetal e não no interior do solo como deveria.

De acordo com Teixeira et al. (2000) as diferentes densidades de semeaduras (6, 10, 14 e 18 sementes metro linear) não influenciaram a produtividade do feijoeiro cultivar Pérola quando se aplicou nitrogênio, porém, na dose 0 kg ha^{-1} de N houve efeito da distribuição de sementes no incremento do rendimento de grãos,

apresentando relação linear, é provável que a adubação nitrogenada tenha aumentado a capacidade de compensação dos feijoeiros.

Na avaliação do número de nódulos por planta não foi realizada análise estatística (Tabela 4).

Tabela 4 - Número de nódulos por planta e massa seca de planta em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Nódulos planta ⁻¹		Massa Seca	
	2006	2007	2006	2007
	-----N ^o -----		-----g planta ⁻¹ -----	
Inoculação				
Não inoculado	35 ¹	33	13,13	6,95
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	36	31	13,78	7,07
Fonte de nitrogênio				
Uréia	39	33	13,66	6,82
Entec 26®	32	30	13,26	7,20
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	32	20	11,03 c	5,78 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	43	36	12,67 bc	5,66 b
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	33	31	14,37 ab	6,72 ab
Semeadura (S) – Dose única	36	35	15,84 a	8,42 a
15 Dias após semeadura (Dose única)	45	39	13,86 abc	8,14 a
30 Dias após semeadura (Dose única)	32	26	12,80 bc	6,85 ab
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	37	37	13,93 ab	7,68 a
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	27	32	13,13 abc	6,84 ab
C.V.(%)	---	---	19,60	19,46

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tanto as parcelas que receberam inoculação de sementes como aquelas sem inoculação apresentaram nodulação. Entre as causas do alto número de nódulos em parcelas não inoculadas está relacionada com a existência de estirpes

nativas no solo, sendo que as estirpes nativas muitas vezes mais competitivas na associação simbiótica que as estirpes do inoculante.

Romanini Júnior et al. (2007) verificam que a prática da inoculação, no primeiro ano de cultivo (2002), proporcionou maior número de nódulos nas plantas (cultivar IAC Carioca Eté), porém, em parcelas que não foi realizada a inoculação foi encontrada também a presença de nódulos, indicando que no local existem estirpes nativas de rizóbio capazes de estabelecer associação com o feijoeiro, já no ano seguinte (2003), com a utilização do cultivar Pérola, o número de nódulos foi bem superior, inclusive nas parcelas não inoculadas, em comparação primeiro ano de cultivo. Em relação a fontes de N observou-se que a utilização de uréia como fonte de N proporcionou 39 e 33 nódulos por planta, já o Entec 26® teve 32 e 30 nódulos por planta, respectivamente para os anos de 2006 e 2007. A aplicação de todo o nitrogênio aos 15 DASE proporcionou 45 e 39 nódulos por planta nos cultivos de 2006 e 2007, respectivamente.

A prática da inoculação de sementes não teve influência na massa seca de plantas do feijoeiro nos dois anos de cultivo, concordando com os dados de Romanini Júnior et al. (2007). Resultados semelhantes foram obtidos para as fontes de nitrogênio utilizadas. Já as épocas de aplicação do nitrogênio proporcionaram efeito na massa seca de plantas, sendo que no cultivo de 2006 a aplicação de todo o nitrogênio na semeadura proporcionou maior massa seca em comparação com aplicação aos 30 DAS e 30 DASE, sendo que a aplicação na semeadura não diferiu das demais épocas de aplicação do N. Já no cultivo de 2007 a aplicação de todo nitrogênio 30 DAS proporcionaram menor massa seca em relação aplicação de todo nitrogênio na semeadura e 15 DASE, e parcelada S + 15 DASE, porém, a aplicação aos 30 DAS não diferiu das aplicações aos 15 DAS, 30 DASE e parcelada S + 30 DASE.

Na Tabela 5 estão apresentados os teores de nitrogênio e enxofre foliar. O teor de nitrogênio foliar não foi influenciado pela inoculação de sementes, fontes de N e época de aplicação de nitrogênio para os dois anos de cultivo, todavia, a aplicação de nitrogênio proporcionou plantas com maior teor de nitrogênio foliar no cultivo de 2006.

Tabela 5 - Teores de nitrogênio e enxofre foliares em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores foliares			
	Nitrogênio		Enxofre	
	2006	2007	2006	2007
	-----g kg ⁻¹ -----			
Inoculação				
Não inoculado	32,62 ¹	49,88	3,78 b	3,65
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	33,01	48,67	4,01 a	3,60
Fonte de nitrogênio				
Uréia	32,86	48,70	3,77 b	3,56
Entec 26®	32,77	49,85	4,02 a	3,69
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	30,56 b	48,21	3,87	3,73
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	33,08 a	48,88	3,90	3,58
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	33,36 a	48,68	3,77	3,56
Semeadura (S) – Dose única	32,82 a	47,66	4,06	3,69
15 Dias após semeadura (Dose única)	33,51 a	50,40	3,69	3,51
30 Dias após semeadura (Dose única)	33,17 a	52,72	3,90	3,73
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	33,13 a	47,67	4,01	3,47
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	32,93 a	49,96	3,96	3,76
C.V.(%)	13,93	8,99	11,14	10,86

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Romanini Júnior et al. (2007) não verificaram efeito da inoculação no teor de nitrogênio foliar. Souza (2006) não verificou efeito das fontes de N (uréia e Entec 26®) sobre o teor de nitrogênio foliar. Verificou-se maior teor de nitrogênio foliar no cultivo de 2007 em relação ao cultivo de 2006, o que pode ser justificado pelo fato que a massa seca das plantas no cultivo de 2006 apresentaram maiores valores em relação às daquelas do cultivo de 2007, tendo, portanto, assim um teor de nitrogênio orgânico menor, explicado pelo efeito da “diluição” (FERNANDES et al., 2005).

Para o cultivo de 2006, o teor de enxofre foliar teve influência positiva com a prática da inoculação de sementes, já para as fontes de N o Entec 26® proporcionou maior teor de enxofre foliar, talvez pela maior disponibilidade do nutriente no solo, oriundo do adubo nitrogenado, visto que Entec 26® apresenta na sua composição 13 % de S. As épocas de aplicação de N não tiveram efeito nessa avaliação.

No cultivo de 2007 ocorreu interação entre inoculação e fontes de N (Tabela 6) para o teor de enxofre foliar, sendo que quando não houve inoculação de sementes o uso do Entec 26® proporcionou nas plantas maior teor de enxofre foliar em relação a uréia.

Tabela 6 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de enxofre foliar em feijoeiro de inverno em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Selvíria (MS), 2007.

Inoculação	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Enxofre foliar -----g kg ⁻¹ -----	
Não inoculado	3,52 ¹ B	3,79 A
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	3,61	3,60
DMS	Inoculação	0,20
	Fonte de nitrogênio	0,20

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores dos componentes de produção (vagens e sementes planta⁻¹) estão apresentados na Tabela 7. Verificou-se que esses componentes de produção não apresentaram influência dos diferentes tratamentos (inoculação, fonte e modo de aplicação de nitrogênio), com exceção número de vagens e sementes por planta no cultivo de 2007, onde ocorreu maior número de vagens e sementes por planta com a utilização da prática da inoculação de sementes. Resultados semelhantes foram obtidos por Romanini Júnior et al. (2007) que verificam influência da inoculação com estirpes de *Rhizobium leguminosarium* biovar *phaseoli* no número de vagens e grãos por planta, somente no segundo ano de cultivo. O mesmo ocorrendo com Bassan et

al. (2001) que verificaram efeito positivo da inoculação de semente com *Rhizobium tropici* no número de sementes por planta, utilizando cultivar Pérola.

Tabela 7 - Número de vagens e sementes por planta em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Vagens planta ⁻¹		Sementes planta ⁻¹	
	2006	2007	2006	2007
-----N ^o -----				
Inoculação				
Não inoculado	16,69 ¹	12,75 b	62,18	53,57 b
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	17,60	14,86 a	66,69	63,96 a
Fonte de nitrogênio				
Uréia	16,86	13,35	64,28	56,89
Entec 26®	17,43	14,26	64,59	60,64
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	15,81	11,85	58,70	51,00
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	18,03	14,01	65,33	60,02
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	16,11	14,89	62,52	62,04
Semeadura (S) – Dose única	18,31	14,25	69,09	61,02
15 Dias após semeadura (Dose única)	17,46	12,77	65,41	56,00
30 Dias após semeadura (Dose única)	17,47	13,39	68,10	56,71
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	16,80	15,27	62,18	63,79
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	17,16	14,03	64,16	59,52
C.V.(%)	19,10	27,04	20,31	27,59

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Essa influência somente no segundo ano de cultivo nesses componentes de produção deve ser decorrente de uma maior população no solo de estirpes provenientes do inoculante (sendo estas mais eficientes) no segundo ano de cultivo, pela sobrevivência e aumento da população da mesma após a introdução delas no primeiro ano de cultivo. Souza (2006) não verificou efeitos das diferentes fontes (uréia e Entec 26®) sobre o número de vagens e grãos planta⁻¹.

Silva et al. (2002) não verificaram efeito dos modos de aplicação de N (parceladamente ou dose única em três épocas de aplicação - antecipadamente 20 DAS, semeadura e em cobertura 35 DAPEP) no número de vagens planta⁻¹, no cultivo de 1999 e 2000, com exceção no primeiro ano de cultivo, que aplicação de todo adubo nitrogenada (120 kg ha⁻¹) ao 35 dias após emergência das plântulas (DAPEP) proporcionou um menor número de vagens por planta em relação aos tratamentos aplicação dose única na semeadura e parceladamente (semeadura + cobertura).

Verificou-se na Tabela 8 que número de sementes vagem⁻¹ não apresentou influência dos diferentes tratamentos (inoculação, fonte e modo de aplicação de nitrogênio), com exceção no cultivo de 2006, onde a aplicação da uréia como fonte de nitrogênio proporcionou maior número de sementes vagem⁻¹ em comparação com a fonte de nitrogênio Entec 26®. Silva et al. (2002) não verificaram efeito dos modos de aplicação de N (parceladamente ou dose única em três épocas de aplicação - antecipadamente 20 DAS, semeadura e em cobertura 35 DAPEP) no número de grãos vagem⁻¹.

Verificou-se que a prática da inoculação de sementes com *Rhizobium tropici* proporcionou maior massa de 100 sementes no cultivo de 2006, porém, no cultivo de 2007 não houve efeito dessa prática. Bassan et al. (2001) verificaram efeito positivo da inoculação de semente com *Rhizobium tropici* na massa de 100 sementes, utilizando cultivar Pérola.

A aplicação de diferentes fontes de nitrogênio não influenciou essa característica nos dois anos de cultivo, dados que estão semelhantes com os obtidos por Souza (2006) utilizando como fonte a uréia e Entec 26®. Os modos de aplicação do nitrogênio tiveram efeito na massa de 100 sementes, sendo que no cultivo de 2006 a aplicação de N aos 15 DASE resultou em maior massa de 100 sementes em comparação a aplicação aos 30 e 15 DAS e S + 30 DASE, mas não diferindo das outras aplicações. Já no cultivo de 2007, a aplicação de todo o N aos 15 DASE teve maior massa de 100 sementes em relação a aplicação aos 30 DAS, porém, não diferindo das demais aplicações. Silva et al. (2002) não verificaram efeito dos modos de aplicação de N (parceladamente ou dose única em três épocas de aplicação -

antecipadamente 20 DAS, semeadura e em cobertura 35 DAPEP) na massa de 100 grãos.

Tabela 8 - Número de sementes por vagem e massa de 100 sementes em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Sementes vagem ⁻¹		Massa de 100 sementes	
	2006	2007	2006	2007
	-----N ^o -----		-----g-----	
Inoculação				
Não inoculado	3,73 ¹	4,20	28,38 b	29,27
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	3,80	4,22	29,27 a	28,75
Fonte de nitrogênio				
Uréia	3,84 a	4,21	28,54	28,80
Entec 26®	3,69 b	4,21	29,11	29,22
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	3,70	4,22	28,07 bc	28,33 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	3,64	4,20	26,66 c	28,20 b
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	3,89	4,17	28,56 bc	29,19 ab
Semeadura (S) – Dose única	3,81	4,19	29,39 ab	28,97 ab
15 Dias após semeadura (Dose única)	3,77	4,26	31,06 a	30,19 a
30 Dias após semeadura (Dose única)	3,88	4,23	29,54 ab	29,43 ab
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	3,73	4,17	28,99 abc	28,71 ab
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	3,73	4,25	28,35 bc	29,07 ab
C.V.(%)	8,23	2,83	7,75	4,52

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando os resultados de coeficientes de variação obtidos em diferentes avaliações realizadas anteriormente (população final, número de sementes por vagens, massa de 100 sementes e produtividade), com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2009) para avaliar a precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão, verificou-se que os valores dos coeficientes de variação então entre médios e baixos, resultando assim em uma boa precisão experimental.

A produtividade do feijoeiro não foi alterada mediante a inoculação das sementes nos dois anos de cultivo (Tabela 9). Resultados semelhantes obtidos por Bassan et al. (2001) que não verificaram efeito da inoculação de semente com *Rhizobium tropici* na produtividade do feijoeiro, utilizando cultivar Pérola. Já Romanini Júnior et al. (2007) verificaram que a inoculação com rizóbio contribuiu para o aumento na produtividade.

Tabela 9 - Produtividade em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Produtividade		
	2006	2007	Média
-----kg ha ⁻¹ -----			
Inoculação			
Não inoculado	2.199 ¹	2.707	2.453
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	2.214	2.718	2.466
Fonte de nitrogênio			
Uréia	2.203	2.715	2.459
Entec 26®	2.209	2.710	2.459
Modo de aplicação de nitrogênio			
Testemunha (sem N)	2.052	2.542	2.297
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	2.083	2.504	2.293
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	2.359	2.623	2.491
Semeadura (S) – Dose única	2.240	2.753	2.496
15 Dias após semeadura (Dose única)	2.217	2.843	2.530
30 Dias após semeadura (Dose única)	2.214	2.823	2.518
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	2.257	2.848	2.552
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	2.228	2.763	2.495
C.V.(%)	16,74	16,38	---

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ocorreu interação entre fontes e modos de aplicação de nitrogênio para a produtividade no cultivo de 2006 e seu desdobramento está apresentado na Tabela

10. Quando se aplicou o nitrogênio aos 30 DASE, a utilização da uréia proporcionou maior produtividade em comparação ao Entec 26® [adubo nitrogenado de liberação de N mais lenta, composto de 18,5% de nitrogênio na forma amoniacal e 7,5% na forma nítrica, além de uma molécula inibidora da nitrificação que bloqueia a transformação de amônio em nitrato (a planta tem uma preferência para absorção de nitrogênio na forma nítrica)]. As parcelas com N proveniente do Entec 26®, quando aplicada mais tardiamente, tinha uma maior disponibilidade de amônio, possibilitando talvez a planta uma menor absorção do nitrogênio em comparação a uréia, após o florescimento, refletindo assim uma menor produtividade do feijoeiro no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, entretanto, em decorrência talvez já de uma maior disponibilidade de nitrogênio no solo, oriunda da mineralização da matéria orgânica as fontes de nitrogênio aplicadas tardiamente não tiveram desempenho diferentes em relação a produtividade em 2007.

Tabela 10 - Desdobramento da interação significativo da análise de variância referente à produtividade em feijoeiro de inverno em função de fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006.

Modo de aplicação de nitrogênio	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Produtividade -----kg ha ⁻¹ -----	
Testemunha (sem N)	1.837 ¹	1.837 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	2.064	2.102 ab
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	2.252	2.465 a
Semeadura (S) – Dose única	2.157	2.322 ab
15 Dias após semeadura (Dose única)	2.159	2.276 ab
30 Dias após semeadura (Dose única)	2.436 A	1.992 ab B
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	2.202	2.312 ab
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	2.088	2.369 ab
DMS Modo de aplicação de nitrogênio	571	
Fonte de nitrogênio	366	

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em trabalho em SPD em sucessão a milho (três anos com sucessão milho e feijão), Silva et al. (2002) verificaram produtividades semelhantes estatisticamente do feijoeiro, com aplicação antecipada (40 kg ha^{-1} 20 DAS + 40 kg ha^{-1} semeadura + 40 kg ha^{-1} 35 DAPED) de nitrogênio utilizando como fonte o sulfato de amônio, com as aplicações T2 (0 kg ha^{-1} 20 DAS + $17,5 \text{ kg ha}^{-1}$ semeadura + $102,5 \text{ kg ha}^{-1}$ 35 DAPED), T4 (0 kg ha^{-1} 20 DAS + 60 kg ha^{-1} semeadura + 60 kg ha^{-1} 35 DAPED), T5 (0 kg ha^{-1} 20 DAS + 80 kg ha^{-1} semeadura + 40 kg ha^{-1} 35 DAPED), T8 com a palhada da cultura anterior o milho picado (0 kg ha^{-1} 20 DAS + $17,5 \text{ kg ha}^{-1}$ semeadura + $102,5 \text{ kg ha}^{-1}$ 35 DAPED) e T9 com milho picado (0 kg ha^{-1} 20 DAS + 60 kg ha^{-1} semeadura + 60 kg ha^{-1} 35 DAPED).

Binotti et al. (2007) não verificaram influência das seguintes épocas de aplicação do nitrogênio: semeadura, estágio V_3 , V_4 , $1/2$ semeadura (S) + $1/2 V_3$, $1/2 S$ + $1/2 V_4$, $1/2 V_3$ + $1/2 V_4$ e $1/3 S$ + $1/3 V_3$ + $1/3 V_4$, utilizando a dose de 75 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de uréia, na produtividade do feijoeiro. Binotti et al. (2009), por sua vez, não observaram diferenças na produtividade com aplicação de todo nitrogênio na semeadura ou parcelado ($1/3$ semeadura + $2/3$ cobertura), mas, verificam maior produtividade com aplicação de sulfato de amônio (SA) como fonte de N em comparação com a uréia, todavia, não diferindo da fonte proveniente da mistura $1/2 N$ uréia + $1/2 N$ SA.

Kluthcouski et al. (2005) avaliando o efeito da aplicação antecipada (imediatamente antes da semeadura) de nitrogênio (uréia) sobre a produtividade de doze cultivares de feijão, verificaram aumentos no rendimento de vários cultivares de feijão até a dose de 90 kg ha^{-1} , com maiores produtividade de grãos (2.393 kg ha^{-1}) para cultivar Pérola obtidas com aplicação de 90 kg ha^{-1} de N.

O enxofre contido no Entec 26® não deve ter influenciado na produtividade do feijoeiro, pois o solo já tinha níveis adequados do mesmo (Tabela 1) e, além disso, houve fornecimento do mesmo na adubação fosfatada de semeadura, assim, o enxofre não seria um fator limitante para produtividade. No segundo ano de cultivo, as fontes e modos de aplicação do nitrogênio não influenciaram a produtividade do feijoeiro.

Deve salientar que no tratamento testemunha (sem N) a produtividade foi numericamente inferior em comparação com a aplicação de N em quase todos os

tratamentos, no entanto, não houve diferença estatística com exceção no desdobramento da interação do cultivo de 2006, com a utilização do Entec 26® como fonte de N, onde a aplicação de todo nitrogênio 15 DAS proporcionou maior produtividade em relação à testemunha. As produtividades semelhantes podem ser decorrentes do fornecimento de nitrogênio da fixação simbiótica com estirpes nativas do solo mais o nitrogênio proveniente da mineralização da matéria orgânica, pois, se verifica que o tratamento testemunha apresentou nodulação. O manejo mecânico da cultura antecessora foi realizado 48 e 41 dias antes da semeadura, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente. Dessa forma, é provável que parte dos nutrientes provenientes da palhada já estivesse disponível para o feijoeiro.

Solos sob cultivo contínuo, principalmente no SPD, tendem, ao longo do tempo, a acumular nutrientes no perfil explorado pelas raízes tornando menos freqüente a resposta à adubação com outros macro e micronutrientes (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

Segundo Gomes Junior (2006) fica evidente que o feijoeiro em sistema de plantio direto, no período de outono-inverno, responde muito pouco a altas doses de N em cobertura quando há grande aporte de fitomassa sobre a superfície do solo. O mesmo autor não verificou efeito dos níveis de N sobre a produtividade do feijoeiro em sistema de plantio direto sobre palhada de milho e braquiária.

Observando o teor de nitrogênio foliar obtido na testemunha verificou-se que o mesmo encontra-se na faixa recomendada para cultura de acordo com Ambrosano et al. (1997), que é de 30 a 50 g kg⁻¹. De acordo com Silveira et al. (2005), embora grande quantidade de nitrogênio possa estar contida na parte aérea das culturas denominadas de cobertura do solo, a quantidade real de nitrogênio aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura sucessora, portanto, a estimativa da quantidade de nitrogênio disponibilizada é fundamental para se determinar a dose de nitrogênio a ser fornecida via adubação mineral, seguindo os critérios de produtividade, retorno econômico e preservação ambiental.

Torres et al. (2005) verificaram a maior taxa de liberação de N pelas coberturas vegetais (milho, sorgo, crotalária, aveia, guandu e braquiária) aos 42 dias após a dessecação dos mesmos.

De acordo com Crusciol et al. (2008), a palhada de aveia preta teve a máxima liberação acumulada de N aos 63 dias após o manejo da fitomassa (DAM), visto que, já aos 35 DAM, mais de 45 kg ha⁻¹ foi liberado da palha. Os mesmos autores citam que quanto menor a quantidade acumulada do nutriente no resíduo em processo de degradação, maior foi sua quantidade disponibilizada para o solo, ou seja, o comportamento entre essas duas variáveis é inversamente proporcional. Já Aita e Giacomini (2003) observaram que a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais das plantas de cobertura foi inversamente proporcional às relações C/N e LIG/N e diretamente proporcional às concentrações de N total na fitomassa e, de N e C da fração solúvel em água.

Pode-se verificar que a produtividade do cultivo de 2007 (média 2.712 kg ha⁻¹) foi maior que no cultivo de 2006 (média 2.206 kg ha⁻¹), tendo um aumento médio de 506 kg ha⁻¹.

A decomposição da fitomassa da cultura antecessora (milho + braquiária) pode ter proporcionado aumento no teor de N no solo e, conseqüentemente, maior absorção pelas plantas, proporcionando aumento na produtividade em 2007. Essa maior absorção de N, entretanto, deve ter ocorrido após o florescimento, pois até o mesmo, os valores de N foliar em relação à massa seca de planta, estavam semelhantes nos cultivos de 2006 e 2007. O teor de nitrogênio na fitomassa da cultura antecessora foi de 7,63 e 7,48 g kg⁻¹ (Figura 20), sendo a massa seca dos restos culturais estimada em 14 e 15 t ha⁻¹, para os anos de cultivo de 2006 e 2007, respectivamente e, dessa forma, a massa seca continha por volta de 107 e 112 kg de N por hectare, para os anos de cultivo de 2006 e 2007 (Figura 21), respectivamente. Segundo Floss (2000), citado por Silveira et al. (2005), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial.

Stone e Moreira (2001) verificaram que a produtividade do feijoeiro aumenta com o decorrer do tempo de adoção do sistema plantio direto, onde os mesmos constataram rendimentos de 1.072, 1.652 e 2.542 kg ha⁻¹ para os cultivos de 1995 + 1996 (média), 1997 e 1998, respectivamente, para o cultivar Aporé, utilizando o milho (1995 e 1996) e o arroz (1997 e 1998) como cobertura vegetal.

Essa menor produtividade em 2006 em relação ao cultivo 2007 pode ser decorrente também em parte, da menor população de 2006 em relação a 2007, que embora tenha existido a compensação, a contribuição deste para a manutenção da produtividade do feijoeiro ocorre até certos limites, quando a amplitude populacional não for alta, porém, muitos autores citam que o cultivar Pérola tem uma grande capacidade de compensação mesmo em baixas populações, não interferindo assim na produtividade do feijoeiro.

Souza et al. (2002), verificaram que o cultivar Pérola (tipo II/III) e Carioca (tipo III) não alteram a produtividade de grãos do feijoeiro com populações de plantas abaixo da recomendada pela cultura. Isto evidencia a existência de uma grande capacidade de compensação dos componentes primários da produtividade do feijoeiro, resultando na prática, na obtenção de produtividades equivalentes com diferentes populações.

Estudando o efeito de diferentes densidades de plantas (6, 10, 14, 18 plantas m^{-2}), utilizando cultivar Pérola na produtividade do feijoeiro, Silva et al. (2008) verificaram produtividades de 3.358 e 3.538 $kg\ ha^{-1}$ com densidades na época da colheita de 4,9 e 8,5 plantas por metro de linha, respectivamente.

Gomes Junior (2006) verificou produtividades de 2.536, 2.298; 2.080 e 2.411; e, 1.986 e 1.952 $kg\ ha^{-1}$ para o cultivar Pérola e IPR juriti em sucessão a milheto, braquiária e milho, respectivamente. Tendo populações finais por volta de 220 e 185; 150 e 170; e, 170 e 150 mil plantas hectare para cultivar Pérola e IPR Juriti em sucessão milheto, braquiária e milho, respectivamente O mesmo autor verificou produtividade por volta de 2.085 $kg\ ha^{-1}$ com aplicação de 90 $kg\ ha^{-1}$ de N utilizando o milho como cultura antecessora.

Em trabalho com a cultura do feijão na mesma área experimental, utilizando cultivar Pérola Binotti et al. (2007), Binotti et al. (2009) verificaram produtividades média de 2.015 $kg\ ha^{-1}$ (aplicação de 75 $kg\ ha^{-1}$ de N) e 2.563 $kg\ ha^{-1}$ (aplicação de 100 $kg\ ha^{-1}$ de N) com cultura antecessora respectivamente, milho e o arroz, todas com populações de plantas na faixa recomenda pela cultura.

Na Tabela 11 estão apresentados os teores de nitrogênio e aminoácidos nas sementes de feijão. A inoculação de sementes propiciou maior teor de N nas sementes no cultivo de 2006, porém, em 2007 o tratamento sem inoculação teve um

valor maior de nitrogênio nas sementes. Nos dois anos de cultivo a uréia proporcionou maiores valores de N nas sementes. Com relação ao modo de aplicação de N, com a aplicação do adubo nitrogenado aos 30 dias antes da semeadura verificou-se maior conteúdo de nitrogênio nas sementes em comparação com aplicação aos 15 DASE e Semeadura + 15 DASE. No segundo ano de cultivo a aplicação aos 15 DAS propiciou maiores valores para essa avaliação em comparação com aplicação de todo N no sulco de semeadura.

Tabela 11 - Teores de nitrogênio e aminoácidos nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes			
	Nitrogênio		Aminoácidos	
	2006	2007	2006	2007
	-----g kg ⁻¹ -----		-----%-----	
Inoculação				
Não inoculado	31,96 ¹ b	42,83 a	1,72	1,04 b
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	33,30 a	40,63 b	1,65	1,17 a
Fonte de nitrogênio				
Uréia	32,89 a	42,40 a	1,67	1,05 b
Entec 26®	32,37 b	41,05 b	1,69	1,15 a
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	30,70 d	40,08 bc	1,65 b	1,05 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	33,84 a	42,87 ab	1,67 ab	1,05 b
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	33,24 ab	43,35 a	1,67 ab	1,05 b
Semeadura (S) – Dose única	33,32 ab	39,79 c	1,70 ab	1,14 ab
15 Dias após semeadura (Dose única)	32,17 bc	41,98 abc	1,70 ab	1,06 ab
30 Dias após semeadura (Dose única)	32,94 ab	41,99 abc	1,66 b	1,21 a
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	31,40 cd	42,80 abc	1,68 ab	1,14 ab
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	33,42 ab	40,97 abc	1,73 a	1,13 ab
C.V.(%)	3,12	5,64	2,90	11,0

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação do teor de aminoácidos nas sementes de feijão verifica-se a ocorrência de uma interação entre fonte de nitrogênio e inoculação no cultivo de 2006 (Tabela 12).

Quando se utiliza a uréia como fonte de N, o tratamento não inoculado atingiu maior teor de aminoácido. Quando se utilizou a inoculação da semente, a uréia como fonte de N, proporcionou um menor teor de aminoácidos em relação ao Entec 26®. Em relação aos modos de aplicação de nitrogênio, observa-se um maior teor de aminoácido na semeadura + 30 DASE em comparação a aplicação aos 30 DASE, entretanto, as outras aplicações não diferiram dessas duas aplicações no cultivo de 2006.

Tabela 12 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de aminoácidos em sementes de feijão em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006.

Inoculação	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Aminoácidos -----%-----	
Não inoculado	1,72 ¹ a	1,70
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	1,63 b B	1,68 A
DMS	Inoculação	0,03
	Fonte de nitrogênio	0,03

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo ano de cultivo, a inoculação de sementes proporcionou maior teor de aminoácidos e a utilização da fonte de N Entec 26® proporcionou um maior teor de aminoácido, pois, como pode ser verificado (Tabela 13) ocorreu um maior teor de proteína solúvel no segundo ano de cultivo para os fatores sem inoculação e uréia, o que provavelmente, promoveu diminuição no teor de aminoácido em decorrência de sua conversão em proteína solúvel. Nos modos de aplicação de N no cultivo de 2007, verificou-se maior teor de aminoácido com aplicação aos 30 DASE em comparação a aplicação aos 30 e 15 DAS, no entanto, as aplicações na semeadura, 15 DASE e aplicações parcelada não diferiram das demais.

Na Tabela 13 estão apresentados os teores de proteína bruta e solúvel em sementes de feijão. O teor de proteína bruta nas sementes teve seu maior valor no

tratamento inoculado no primeiro ano de cultivo, todavia, no segundo ano de cultivo o resultado foi o inverso.

Tabela 13 - Teores de proteína bruta e solúvel nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes			
	Proteína bruta		Proteína solúvel	
	2006	2007	2006	2007
-----%-----				
Inoculação				
Não inoculado	19,97 ¹ b	26,77 a	16,97	20,59 a
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	20,81 a	25,39 b	16,26	19,53 b
Fonte de nitrogênio				
Uréia	20,55 a	25,66 a	16,81	20,39 a
Entec 26®	20,23 b	26,50 b	16,42	19,74 b
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	19,19 d	25,05 bc	15,63 c	19,26 bc
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	21,15 a	26,79 ab	17,21 a	20,61 ab
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	20,77 ab	27,09 a	16,91 a	20,84 a
Semeadura (S) – Dose única	20,82 ab	24,87 c	16,94 a	19,13 c
15 Dias após semeadura (Dose única)	20,10 bc	26,23 abc	16,45 abc	20,18 abc
30 Dias após semeadura (Dose única)	20,59 ab	26,24 abc	16,52 ab	20,19 abc
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	19,63 cd	26,75 abc	15,98 bc	20,58 abc
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	20,88 ab	25,61 abc	17,27 a	19,70 abc
C.V.(%)	3,12	5,64	4,20	5,64

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A uréia propiciou maior teor de proteína bruta nas sementes nos dois anos de cultivo. Em relação aos modos de aplicação de N, a aplicação do adubo nitrogenado aos 30 dias antes da semeadura, proporcionou maior teor de proteína bruta nas sementes em comparação com aplicação aos 15 DASE e Semeadura + 15 DASE. No segundo ano de cultivo a aplicação aos 15 DAS tiveram maiores valores para

essa avaliação em comparação com aplicação de todo N no sulco de semeadura. Evidencia resultados semelhantes do teor de proteína bruta nos diferentes tratamentos utilizados com obtidos, com o teor de nitrogênio nas sementes, pois, os resultados de teor de proteína solúvel são diretamente proporcionais com o teor de nitrogênio na semente.

Na avaliação do teor de proteína solúvel em 2006 verificou-se interação entre os fatores inoculação e fonte de N. Observa-se no desdobramento da interação entre inoculação de sementes e fonte de N (Tabela 14) para avaliação do teor de proteína solúvel, que quando se utilizou como fonte de nitrogênio o Entec 26®, o maior teor de proteína solúvel foi no tratamento inoculado, porém, quando se aplicou a uréia como adubo nitrogenada a prática da inoculação não teve efeito no teor de proteína solúvel. Já quando não se utilizou a prática da inoculação de sementes, a uréia proporcionou maior teor de proteína solúvel do que quando se utilizou o Entec 26®, todavia, quando as sementes foram inoculadas o teor de proteína solúvel não foi influenciado pelas fontes de N.

Tabela 14 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao teor de proteína solúvel em semente de feijão em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006.

Inoculação	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Proteína solúvel -----%-----	
Não inoculado	16,73 ¹ A	15,80 b B
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	16,90	17,03 a
DMS	Inoculação	0,40
	Fonte de nitrogênio	0,40

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda no cultivo de 2006 observou-se que a aplicação de nitrogênio aos 30 e 15 DAS, na semeadura, aos 15 e 30 DASE e semeadura + 30 DASE proporcionaram maiores teores de proteína solúvel, sendo que a aplicação aos 15 e 30 DASE não diferiram da aplicação na semeadura + 15 DASE.

No cultivo de 2007 a prática de inoculação proporcionou sementes com menor teor de proteína solúvel, o mesmo ocorreu com as avaliações anteriores (teor de nitrogênio e proteína bruta nas sementes). Esse resultado pode ser em decorrência do efeito da “diluição” da disponibilidade de N para o aproveitamento na síntese de compostos orgânicos na fase do enchimento de sementes, e transformação do mesmo em proteína, pois, verifica-se que o teor de N foliar no florescimento foi semelhante, por volta de 49 g kg^{-1} , entretanto, no tratamento inoculado houve uma maior produção de vagens e sementes por planta em comparação ao não inoculado, assim, o nitrogênio absorvido e disponível na planta até o florescimento, para a formação de proteína, era o mesmo para o fator inoculado e não inoculado. Com a maior produção de sementes e vagens no fator inoculado, este mostrou uma menor qualidade química das sementes, em decorrência do efeito da “diluição”. Pode ser decorrente ainda que com a inoculação de sementes com estirpes mais eficientes no processo de fixação simbiótica (pois no tratamento não inoculado ocorreu nodulação semelhante) ocorreu um maior gasto de energia da planta, nesse tratamento para o fornecimento de energia para os nódulos, pela maior eficiência na associação simbiótica entre a estirpe selecionada e a leguminosa, conseqüentemente, faltando assim esqueleto carbônico para síntese de compostos.

Em relação a fonte de nitrogênio, observou-se que o Entec 26® proporcionou menor teor de proteína solúvel nas sementes, no segundo ano de cultivo. Em relação aos modos de aplicação de nitrogênio no segundo ano de cultivo, verificou-se um maior teor de proteína solúvel na aplicação aos 15 e 30 DAS em comparação a aplicação na semeadura, entretanto, as aplicações aos 15 e 30 DAS não diferiram das aplicações realizadas aos 15 e 30 DAS e das aplicações parceladas. É importante salientar que o teor de proteína bruta e solúvel no segundo ano de cultivo foi maior em relação ao primeiro ano, talvez em decorrência da mineralização da matéria orgânica, disponibilizando uma maior quantidade de N no solo no segundo ano de cultivo, sugerindo assim, aumento na absorção do mesmo pela planta como pode ser verificado no teor de nitrogênio nas sementes, conseqüentemente uma maior produção de proteínas. Como mencionado anteriormente, essa maior absorção de N, deve ter ocorrido após o florescimento.

No rendimento de proteína bruta e solúvel que estão apresentados na Tabela 15, verificou-se que não houve efeito da inoculação de sementes no cultivo de 2006, no entanto, ocorreu interação entre fontes e modos de aplicação do nitrogênio que estão apresentados na Tabela 16 e 17. Já no segundo de cultivo o rendimento de proteína bruta e solúvel não foram influenciados pelos os tratamentos utilizados.

Tabela 15 - Rendimento de proteína bruta e solúvel em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Rendimento proteína			
	Bruta		Solúvel	
	2006	2007	2006	2007
	-----kg ha ⁻¹ -----			
Inoculação				
Não inoculado	439 ¹	725	358	557
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	454	691	370	531
Fonte de nitrogênio				
Uréia	447	696	366	536
Entec 26®	446	719	362	553
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	385	638	314	491
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	418	671	340	516
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	487	711	396	547
Semeadura (S) – Dose única	463	682	377	524
15 Dias após semeadura (Dose única)	447	745	365	573
30 Dias após semeadura (Dose única)	454	741	366	570
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	463	765	377	589
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	456	708	378	545
C.V.(%)	16,70	16,74	16,97	16,71

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao rendimento de proteína bruta em feijoeiro de inverno em função de fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006.

Modo de aplicação de nitrogênio	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Rendimento proteína bruta -----%-----	
Testemunha (sem N)	409 ¹	361 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	407	429 ab
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	459	515 a
Semeadura (S) – Dose única	442	483 ab
15 Dias após semeadura (Dose única)	426	469 ab
30 Dias após semeadura (Dose única)	523 A	386 ab B
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	445	481 ab
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	465	449 ab
DMS Modo de aplicação de nitrogênio		135
Fonte de nitrogênio		86

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 17 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao rendimento de proteína solúvel em feijoeiro de inverno em função de fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006.

Modo de aplicação de nitrogênio	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Rendimento proteína solúvel -----%-----	
Testemunha (sem N)	333 ¹	295 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	330	349 ab
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	374	419 a
Semeadura (S) – Dose única	359	394 ab
15 Dias após semeadura (Dose única)	351	380 ab
30 Dias após semeadura (Dose única)	425 A	306 bB
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	362	391 ab
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	389	366 ab
DMS Modo de aplicação de nitrogênio		112
Fonte de nitrogênio		71

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento da interação entre fontes e modos de aplicação de N para o rendimento de proteína bruta nas sementes de feijão no primeiro ano de cultivo, observa-se que quando se aplica o fertilizante nitrogenado aos 30 DASE, o uso da uréia proporciona maior valor se comparado ao Entec 26®. Utilizando o Entec 26® como fonte de N, verificou-se que os modos de aplicação não influenciam o rendimento de proteína bruta, todavia, a aplicação de nitrogênio aos 15 DAS propicia aumento no rendimento de proteína bruta em relação a testemunha (sem N).

No desdobramento da interação entre fontes e modos de aplicação de N para o rendimento de proteína solúvel nas sementes de feijão no primeiro ano de cultivo, verificou-se resultados semelhantes com os obtidos para o rendimento de proteína bruta quando se aplicou o adubo nitrogenado aos 30 DASE, no entanto, quando se utilizou o Entec 26® como fonte de N, a aplicação aos 30 DASE foi o que proporcionou menor rendimento de proteína solúvel em comparação a aplicação ao 15 DAS, não diferindo das outras aplicações.

Observou-se que os teores médios de nitrogênio, aminoácidos, proteína bruta e solúvel nas sementes de feijão cultivar Pérola, e de rendimento de proteína bruta e solúvel, foram: 32,62 g kg⁻¹, 1,68 %, 20,39 e 16,61 % e 447 e 364 kg ha⁻¹ para o cultivo de 2006, respectivamente. Já para o cultivo de 2007, são: 41,73 g kg⁻¹, 1,28 %, 26,08 e 20,06 %, 708 e 544 kg ha⁻¹, respectivamente.

Salum et al. (2008), verificaram teores médios de proteína bruta nas sementes de feijão cultivar Carioca Precoce variando entre 22,01 a 22,24 %. Os mesmos autores observaram teores médios de proteína bruta nas sementes de feijão cultivar IAC Carioca Tybatã variando entre 18,66 a 20,28 %. O teor de proteína solúvel dos grãos de feijão cultivar Pérola, produzidos em diferentes manejos do nitrogênio variaram de 15,87 a 17,21 % (BINOTTI, 2005)

Podemos verificar que foram necessários em média 71 e 113 kg de nitrogênio por hectare para os cultivos de 2006 e 2007, respectivamente, para proporcionar um rendimento médio de proteína bruta de 447 e 708 kg ha⁻¹ para os cultivos de 2006 e 2007, respectivamente. Considerando, assim, um aproveitamento do adubo nitrogenado 50 % de N (BARBOSA FILHO; SILVA, 2001, KLUTHCOUSKI et al., 2005) ou seja 45 kg ha⁻¹ de N proveniente de adubo nitrogenado, foram necessários ainda 26 e 68 kg de N ha⁻¹ para alcançar o rendimento médio de proteína bruta

verificados na Tabela 15, evidenciando, assim, que o feijoeiro se beneficiou com pelo menos 26 e 68 kg de N ha⁻¹, através de processos como mineralização da matéria orgânica, fixação biológica do nitrogênio e outros processos (Reações fotoquímicas e relâmpagos).

O teor de açúcares livres (AL) nas sementes teve seu maior valor com a prática da inoculação de sementes nos dois anos de cultivo (Tabela 18). Para as fontes de nitrogênio a uréia foi que propiciou maior valor para AL nos dois anos de experimento.

Tabela 18 - Teores de açúcares livres (AL) e polissacarídeos solúveis em água (WSP) nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes			
	Açúcares livres		WSP	
	2006	2007	2006	2007
-----%-----				
Inoculação				
Não inoculado	6,81 ¹ b	6,77 b	4,16 a	13,86 a
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	8,11 a	7,47 a	3,72 b	9,76 b
Fonte de nitrogênio				
Uréia	7,69 a	7,59 a	3,96	12,03 a
Entec 26®	7,23 b	6,65 b	3,91	11,59 b
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	7,40 abc	7,20 ab	4,06 a	11,22 b
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	7,72 ab	6,38 b	4,05 a	11,60 b
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	8,07 a	7,17 ab	3,95 ab	11,32 b
Semeadura (S) – Dose única	7,18 bc	7,28 ab	3,82 b	12,02 b
15 Dias após semeadura (Dose única)	7,70 abc	7,04 ab	4,02 ab	13,82 a
30 Dias após semeadura (Dose única)	7,48 abc	6,88 ab	3,82 b	11,97 b
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	6,93 c	7,26 ab	3,85 b	11,16 b
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	7,21 bc	7,76 a	3,93 ab	11,37 b
C.V.(%)	9,58	13,80	4,63	8,27

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No cultivo de 2006 a aplicação do adubo nitrogenado aos 15 DAS foi o que proporcionou maior valor de AL em comparação aplicação na semeadura e parceladamente, porém, no segundo ano de cultivo a aplicação aos 30 DAS foi a que propiciou menor teor de AL nas sementes em comparação a aplicação na semeadura + 30 DASE.

A inoculação de sementes proporcionou menor teor de polissacarídeos solúveis em água (WSP) nos dois anos de cultivo. As fontes de nitrogênio influenciaram o teor de WSP no segundo ano de cultivo, com maiores valores com o uso da uréia. A aplicação do nitrogênio aos 30 DAS obteve-se maior teor de WSP, em comparação a aplicação na semeadura, 30 DASE e semeadura + 15 DASE, mais não diferindo das demais aplicações no cultivo de 2006. No segundo ano de cultivo a aplicação aos 15 DASE foi a que proporcionou maior teor de AL nas sementes.

Na Tabela 19 estão apresentados os teores de amido e carboidrato total em sementes de feijão, verificou-se que a prática da inoculação de sementes proporcionou maior teor de amido nas sementes nos dois anos de cultivo, as fontes de nitrogênio não influenciaram essa característica. O maior teor de amido foi obtido na aplicação do N aos 30 DASE em comparação as aplicações aos 15 DASE e semeadura + 30 DASE para o primeiro ano de cultivo. A aplicação aos 15 DASE proporcionou maior teor de amido em comparação aplicação aos 30 e 15 DAS, 30 DASE e semeadura + 15 DASE no segundo ano de cultivo.

O teor de carboidratos totais teve efeito positivo da inoculação de sementes no cultivo de 2006. No cultivo de 2007 as fontes de nitrogênio influenciaram o teor de carboidratos totais, sendo a uréia a fonte que promoveu maior conteúdo nas sementes. A aplicação do nitrogênio aos 30 DASE foi o que teve maior teor de carboidratos em comparação a aplicação na semeadura + 30 DASE no primeiro ano de cultivo. No cultivo de 2007 a aplicação aos 15 DASE foi o que obteve maior teor de carboidratos, mais não diferindo da aplicação na semeadura + 30DASE.

Observou-se que os teores médios de AL, WSP, amido e carboidrato total nas sementes de feijão cultivar Pérola foram: 7,46%, 3,94%, 38,49% e 49,89 % para o cultivo de 2006, respectivamente. Já para o cultivo de 2007, são: 7,12%, 11,81%, 34,69% e 53,64 %, respectivamente.

Tabela 19 - Teores de amido e carboidrato total nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes			
	Amido		Carboidrato total	
	2006	2007	2006	2007
-----%-----				
Inoculação				
Não inoculado	37,45 ¹ b	32,85 b	48,41 b	53,49
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	39,53 a	36,55 a	51,36 a	53,78
Fonte de nitrogênio				
Uréia	38,94	34,54	50,60	54,17 a
Entec 26®	38,04	34,87	49,18	53,11 b
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	38,49 abc	32,19 e	49,95 ab	50,62 d
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	37,10 abc	33,00 de	48,87 ab	50,98 cd
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	39,29 abc	34,10 cde	51,31 ab	52,59 cd
Semeadura (S) – Dose única	40,35 ab	36,02 abc	51,35 ab	55,32 b
15 Dias após semeadura (Dose única)	36,13 bc	37,01 a	47,85 ab	57,87 a
30 Dias após semeadura (Dose única)	40,73 a	33,90 de	52,03 a	52,76 cd
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	39,99 abc	34,90 bcd	50,77 ab	53,32 bc
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	35,84 c	36,50 ab	46,98 b	55,65 ab
C.V.(%)	10,58	5,16	8,23	4,18

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se através das avaliações realizadas anteriormente que as sementes de feijão apresentam na sua composição as proteínas (média 18,33 %) e os carboidratos (médio 51,76 %) os seus maiores teores, visto que sementes de feijão são aleuro-amiláceas (principais produtos de reserva são: proteína e amido).

Salum et al. (2008), verificaram teores médios de açúcares totais nas sementes de feijão cultivar Carioca Precoce variando entre 6,26 a 8,46 %. Os mesmos autores observaram teores médios de açúcares totais nas sementes de feijão cultivar IAC Carioca Tybatã variando entre 7,08 a 9,20 %.

Gomes Junior (2006) verificou que os valores de proteína solúvel estiveram na faixa de 14,2 a 16 %, utilizando doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) para o cultivar Pérola. Já Gomes Junior et al. (2005a) verificaram que o conteúdo de proteína solúvel total variou de 14,4 a 16,4% e para a proteína bruta a percentagem foi de 20,1% e 21,4%, com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N ou 80 kg ha⁻¹ de N utilizando o cultivar IAC Carioca. Com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N proporcionou um rendimento médio de 419,4 e 316,3 kg ha⁻¹ de proteína bruta e solúvel, respectivamente, o que representa um incremento de 6,0% e 12,4% em relação à dose de 40 kg ha⁻¹ de N aplicada em cobertura.

Na Tabela 20 estão os resultados referentes ao grau de umidade das sementes e teste padrão de germinação (9 dias).

Estão apresentados os resultados do grau de umidade das sementes de feijão do cultivar Pérola na Tabela 20, logo após a colheita, obtidos em função da inoculação de sementes e manejo do nitrogênio. Os valores de teor de água, determinados, variaram de 10,86 a 11,37 %. Segundo Delouche et al. (1973) recomendaram um grau de umidade máximo de 12%, para sementes amiláceas.

Para porcentagem de plântulas normais oriundas das sementes de feijão avaliadas pelo teste padrão de germinação, não se verificou efeito do manejo da adubação nitrogenada, nos dois anos de cultivo (Tabela 20). O teste padrão de germinação, por se um dos métodos mais padronizados é um método aplicado e recomendado para determinação da qualidade fisiológica de sementes para comercialização, tem suas limitações, pois, não avalia o estado de deterioração das sementes e os seus resultados são diferentes da emergência das plântulas em campo. As sementes obtidas estão dentro dos padrões para produção e comercialização de sementes de feijão segundo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (2005), tendo em média 90 e 91 % de germinação para os cultivos de 2006 e 2007, respectivamente, sendo aptas para semeadura em campo, pois apresentam uma germinação mínima de 80 %.

Bassan et al. (2001) não verificaram efeito da inoculação de semente com *Rhizobium tropici* na germinação de sementes de feijão cultivar Pérola. Já Crusciol et al. (2003) não verificaram efeito da aplicação de N, tanto em semeadura quanto em cobertura no teste padrão de germinação para cultivar IAC Carioca no cultivo das

“águas”, sendo que todos os tratamentos apresentaram valores acima de 90% de germinação.

Tabela 20 – Grau de umidade das sementes e germinação total (9 dias) de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Umidade das sementes		Germinação	
	2006	2007	2006	2007
-----%-----				
Inoculação				
Não inoculado	11,01 ¹	11,30	89,37	91,34
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	10,99	11,28	89,78	91,75
Fonte de nitrogênio				
Uréia	10,92	11,22	88,94	90,87
Entec 26®	11,09	11,37	90,21	92,20
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	11,06	11,36	91,25	93,12
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	11,04	11,34	87,75	89,75
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	11,05	11,31	90,87	92,87
Semeadura (S) – Dose única	11,07	11,37	89,50	91,50
15 Dias após semeadura (Dose única)	10,86	11,14	88,62	90,62
30 Dias após semeadura (Dose única)	11,00	11,30	88,00	90,00
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	10,99	11,29	88,37	90,37
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	10,97	11,25	92,25	94,12
C.V.(%)	---	---	5,87	5,71

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 21 estão os resultados referentes primeira contagem de germinação (5 dias) e índice de velocidade de germinação.

Quanto ao vigor das sementes logo após a colheita, com base na avaliação de primeira contagem de germinação houve interação entre inoculação e fonte de nitrogênio no cultivo de 2006 e, seu desdobramento está apresentado na Tabela 22.

Tabela 21 - Primeira contagem de germinação (5 dias) e índice de velocidade de germinação de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Vigor			
	1ª contagem de germinação (5 dias)		Índice de velocidade de germinação	
	2006	2007	2006	2007
-----%-----				
Inoculação				
Não inoculado	78,66 ¹	77,65	8,54	8,59
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	79,66	76,65	8,60	8,65
Fonte de nitrogênio				
Uréia	79,40	77,40	8,54	8,59
Entec 26®	78,90	76,90	8,60	8,65
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	77,87	75,87	8,63	8,67
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	79,62	77,62	8,47	8,52
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	76,75	74,75	8,56	8,61
Semeadura (S) – Dose única	78,37	76,37	8,54	8,58
15 Dias após semeadura (Dose única)	80,62	78,62	8,56	8,61
30 Dias após semeadura (Dose única)	78,87	76,87	8,46	8,51
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	78,75	76,75	8,48	8,53
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	82,37	80,37	8,86	8,91
C.V.(%)	8,15	8,36	5,99	5,95

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se que quando se utilizou como fonte de nitrogênio o Entec 26® a inoculação de sementes proporcionou a obtenção de sementes mais vigorosas em relação ao tratamento sem inoculação de sementes, decorrência de uma melhor qualidade fisiológica das sementes, pois, como pode ser verificados na Tabela 14 nessa mesma situação, as sementes que sofreram inoculação, tiveram uma maior teor de proteína solúvel, o que pode ter influenciado diretamente o vigor da semente.

Tabela 22 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância referente primeira contagem de germinação em sementes de feijão em função de inoculação de sementes e fontes de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006.

Inoculação	Fonte de nitrogênio	
	Uréia	Entec 26®
	Primeira contagem de germinação -----%-----	
Não inoculado	80,06 ¹	77,25 b
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	78,75	80,56 a
DMS		
Inoculação		3,20
Fonte de nitrogênio		3,20

¹Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os modos de aplicação de nitrogênio não influenciaram a primeira contagem de germinação no cultivo de 2006. Ainda com relação à primeira contagem de germinação observou-se que no cultivo de 2007, que está análise não foi influenciada pelos diferentes tratamentos utilizados.

O índice de velocidade de germinação não sofreu efeitos da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio (Tabela 21). Quanto maior o índice de velocidade de germinação maior será a capacidade das sementes em estabelecer uma população de plântulas rapidamente, uniformemente e adequadamente.

Crusciol et al. (2003) verificaram efeito da aplicação de N na semeadura, no vigor das sementes, avaliado com base na primeira contagem e no IVG, onde a maior dose (25,0 kg ha⁻¹) reduziu os valores dessas duas variáveis em relação à testemunha (sem N).

Para a porcentagem de plântulas normais, obtidas após o envelhecimento acelerado das sementes de feijão, não foram encontrados efeitos da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação do nitrogênio como pode ser verificado na Tabela 23.

Bassan et al. (2001) também não verificaram efeito da inoculação de semente com *Rhizobium tropici* nos resultados do envelhecimento acelerado de sementes de feijão cultivar Pérola.

Tabela 23 - Envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Vigor			
	Envelhecimento acelerado		Condutividade elétrica	
	2006	2007	2006	2007
	-----%-----		----- $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ -----	
Inoculação				
Não inoculado	86,84 ¹	87,25	69,51	81,00
Inoculado (<i>Rhizobium tropici</i>)	85,81	85,97	67,60	79,46
Fonte de nitrogênio				
Uréia	85,94	85,97	67,45	79,31
Entec 26®	86,72	87,25	69,65	81,21
Modo de aplicação de nitrogênio				
Testemunha (sem N)	87,75	88,25	72,74	84,56
30 Dias antes da semeadura (Dose única)	87,00	87,00	64,75	76,97
15 Dias antes da semeadura (Dose única)	86,37	86,75	64,76	76,42
Semeadura (S) – Dose única	85,25	85,62	71,93	83,67
15 Dias após semeadura (Dose única)	87,12	87,00	70,81	82,04
30 Dias após semeadura (Dose única)	84,75	85,12	66,91	78,47
S (1/3 N) + 15 Dias após semeadura (2/3 N)	86,12	86,50	66,17	77,55
S (1/3 N) + 30 Dias após semeadura (2/3 N)	86,25	86,62	70,35	82,35
C.V.(%)	5,28	4,71	21,86	18,82

¹Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro de cada fator, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A prática da inoculação de sementes e o manejo do nitrogênio não tiveram efeito sobre o teste de condutividade elétrica (Tabela 23). Tendo uma condutividade elétrica média de 68,55 e 80,25 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ para os anos de cultivos de 2006 e 2007, respectivamente

Crusciol et al. (2003) também não verificaram efeito da aplicação de N, tanto em semeadura quanto em cobertura na condutividade elétrica, sendo seus valores entre 71 e 77 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ para cultivar IAC Carioca.

Através dos resultados obtidos nas condições experimentais é possível afirmar que de modo geral o manejo da adubação nitrogenada não melhorou a qualidade fisiológica das sementes. Dados que vão ao encontro com os obtidos por Meira et al. (2005).

Segundo Oliveira et al. (2003) o nitrogênio influenciou positivamente a produtividade e a qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem. Num programa de produção de sementes de feijão-vagem, a fonte de nitrogênio utilizada deve ser o sulfato de amônio em comparação a uréia e nitrato de cálcio. De acordo com Crusciol et al. (2003) as doses de N aplicadas não se mostraram consistentes quanto aos seus efeitos sobre a qualidade fisiológica, avaliada logo após a colheita, podendo-se afirmar que não houve efeito favorável da adubação nitrogenada sobre a germinação e o vigor de sementes de feijão.

É importante salientar que em trabalho realizado em conjunto na mesma área, período e cultura, entretanto, avaliando variáveis microbiológicas, Santos (2009) verificou que o carbono da biomassa microbiana (CBM) variou entre 147,5 a 816,5 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco, no segundo ano de cultivo, entretanto, no primeiro ano de cultivo variou entre 267,7 a 645,5 $\mu\text{g C g}^{-1}$, evidenciando uma maior quantidade de carbono da biomassa microbiana (CBM) no segundo ano. Para quantificação do CO_2 liberado verificou-se variação entre 8,83 a 9,32 $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ no primeiro ano de cultivo, porém, no segundo ano de cultivo 9,27 a 13,74 $\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$, evidenciando aumento na atividade microbiana no segundo ano de cultivo, pois, a respiração microbiana reflete a atividade microbiológica do solo, que é medida através da quantificação do CO_2 liberado (SANTOS, 2009). Ainda segundo Santos (2003), o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) variou entre 0,15 a 0,39 $\mu\text{g C g}^{-1} \text{ dia/mg CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$ no primeiro ano de cultivo, já, no segundo ano ficou entre 0,026 a 0,066 $\mu\text{g C g}^{-1} \text{ dia/mg CO}_2 \text{ g solo seco dia}^{-1}$, ou seja, quociente metabólico indica alta atividade específica por unidade de biomassa quando seu valor for baixo, assim, podemos verificar uma maior atividade microbiana no segundo ano de cultivo em comparação ao primeiro ano de cultivo. Valores altos de quociente metabólico mostram que a eficiência da atividade microbiana do solo está baixa que os microrganismos do solo estão sobre estresse ambiental (WARDLE, 1995 citado por SANTOS, 2009).

Conforme se observa nas avaliações anteriores o teor de proteína solúvel e carboidratos totais médios nas sementes e, produtividades médias no cultivo de 2007 são 20,06 e 53,64 % e 2.712 kg ha⁻¹, respectivamente, o que representa um incremento de 21, 7 e 23 % em relação ao cultivo de 2006. Esses resultados mostraram aumento considerável na produtividade e nos teores de proteínas e carboidratos totais das sementes de feijão cultivar Pérola no segundo ano de cultivo em sucessão a milho e *Brachiaria*, decorrente da melhoria da qualidade biológica do solo, evidenciada anteriormente por Santos (2009), e também talvez da melhoria da qualidade química e física do solo.

5. Considerações finais

Em sistema de plantio direto onde a cultura antecessora proporcione uma fitomassa de alta quantidade e qualidade (alto teor de lignina, polifenóis e relação C/N), como nesse caso milho e *Brachiaria*, pode ocorrer problemas durante a implantação da cultura, pois, nas semeadoras atuais o mecanismo de corte pode muitas vezes não efetuar com eficácia o corte da palhada, comprometendo o estabelecimento inicial da cultura.

A uréia propiciou sementes com maiores teores de nitrogênio, proteína e açúcares livres. Menores valores de aminoácidos livres e maiores valores de polissacarídeos solúveis em água e carboidratos totais no segundo ano de cultivo.

A prática da inoculação de sementes proporcionou aumento no teor de açúcares livres e amido e, queda nos valores de polissacarídeos solúveis em água, todavia, incremento no teor de nitrogênio, proteína bruta e carboidratos totais somente foram verificados no primeiro ano de cultivo. Um menor teor de proteína no segundo ano de cultivo pode ser em decorrência do efeito da “diluição”, pois, o teor de N foliar no florescimento foi semelhante (por volta 49 g kg⁻¹), todavia, no tratamento inoculado ocorreu maior número de vagens e sementes por planta em comparação ao não inoculado, assim, o nitrogênio absorvido e disponível na planta até o florescimento, para a formação de proteína, era o mesmo para o fator inoculado e não inoculado. Com a maior produção de sementes e vagens no fator inoculado, este propiciou uma queda no teor de proteína das sementes, em

decorrência do efeito da “diluição”. A inoculação propiciou sementes com maiores teores de aminoácidos no segundo ano de cultivo

A germinação e o vigor não foi influenciada pela prática da inoculação e manejo do nitrogênio, com exceção da primeira contagem de germinação (vigor), que teve influência positiva pela prática da inoculação, quando se utilizou o Entec 26® como fonte de N;

A utilização da uréia e a inoculação de sementes proporcionaram incremento nos teores de açúcares livres nas sementes de feijão. Considerando que a presença de grande quantidade de açúcares solúveis, em células vivas das sementes, favorece a formação de um estado vitrificado (“glassy”) no citoplasma, sendo essa crucial para manutenção da viabilidade e do vigor das sementes, como foi verificado em milho, soja e ervilha. A matriz vitrificada protege as proteínas e os lipídios contra reações deteriorativas, incluindo os efeitos nocivos de radicais livres. Conseqüentemente as sementes produzidas com a utilização da uréia poderá ter uma maior tempo de viabilidade e vigor das sementes, porém, maior teor de açúcares livres torna a sementes mais atrativas para o ataque de pragas de armazenamento.

Após o 1^a ano de cultivo do feijoeiro, no SPD em sucessão a gramínea (milho e *Brachiaria*), esse sistema de manejo pode ter propiciado melhoria nas qualidades químicas, físicas e biológicas do solo no 2^a ano, sugerindo influência positiva na melhoria da produtividade e qualidade química das sementes no cultivo de 2007.

6. Conclusões

1. A inoculação de sementes não influenciou na produtividade do feijoeiro de inverno, em sistema plantio direto, em sucessão a milho e *Brachiaria*;
2. Levando em consideração produtividade, é vantajoso aplicação do nitrogênio antecipadamente aos 15 dias antes da semeadura ou na semeadura ou em cobertura (dose única ou parcelada), no cultivo do feijoeiro de inverno com irrigação controlada;
3. A uréia propiciou sementes com maior teor de N e proteína, e produtividades semelhantes ao Entec 26®, e pelo seu menor custo por kg de N, é a fonte de nitrogênio recomendada para aplicação no feijoeiro de inverno;
4. A prática da inoculação proporcionou sementes de feijão com maior teor de carboidratos (açúcares livres e amido).
5. A inoculação de sementes não se mostrou consistentes quanto aos seus efeitos sobre a qualidade fisiológica (vigor), podendo assim afirmar que não ocorreu efeito da prática da inoculação e da adubação nitrogenada sobre a germinação e vigor de sementes de feijão.

Referências

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. p. 283-315.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.601-612, 2003.

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

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: Van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.187-203 (Boletim Técnico,100).

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2-3, p.338-392, 1996.

ARAÚJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.29, n.4, p.540-540, 2007.

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

ARTHUR, T. J.; TONKIN, J. H. B. Testando o vigor da semente. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.1, p.38-41, 1991.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS- ANDA. **Estatística: principais indicadores do setor de fertilizantes.** [s.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.anda.org.br>>. Acesso em: 4 jun. 2009

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES - IFA. **Los fertilizantes y su uso - Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión.** 4.ed. FAO/IFA. Roma, 2002, p.87. Disponível em: <www.fertilizer.org>. Acesso em: 05 jun. 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis.** 16.ed. Washington: AOAC, 1995.

BALOTA, E. L.; HUNGRIA, M.; COLOZZI FILHO, A.; CAMPO, R. J.; HERNANI, L. C. Biologia do solo. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa, 1998, p.92-101.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; MENDES, P. N. **Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005c. 7p. (Circular Técnico, 70)

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; MENDES, P. N. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais. **Sistemas de Produção.** Embrapa Arroz e Feijão, n.5, Versão eletrônica, 2005b.

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

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

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.93, p.1-5, 2001.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B. S.; SÁ, M. E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na

cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n.1, p.76-83, 2001.

BIELSKI, R. L.; TURNER, N. A. Separation and estimation of aminoacid in crude plant extracts by thin layer eletrophoreses and chromatography. **Analytical Biochemistry**. New York, v.17, p.278-82, 1966

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

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

BINOTTI, F. F. S. **Fontes, doses e parcelamento do nitrogênio em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto**. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2005.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF; O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste da condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.30, n.2, p.247-254, 2008.

BLAYLOCK, A. O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. In: PROCHNOW, L. I. IPNI-Brasil: nova missão, novos tempos. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.120, p.8-10, 2007.

BONDE, T. A. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.20, n.4, p.447-452, 1988.

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.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method of microgram quantitie of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. Crop Science, Madison, v. 7, p. 171-175, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.

CALEGARI, A.; HERNANI, L. C.; PITOL, C.; PRIMAVESI, O.; RESK, D. V. S. Manejo do material orgânico. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. p.52-57.

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

CANTARELLA, H. Uso de inibidor da urease para aumentar a eficiência da uréia. In: YAMADA, T; ABDALLA, S. R. S. Informações recentes para otimização da produção agrícola. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.117, p.1-4. 2007.

CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

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

CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; ALVES, B. J. R.; LEAL, G. O. L.; LANA, A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; COSTA, A. R.; SILVA, J. H.; SOUZA, A. R. **Emissão de N₂O e volatilização de NH₃ em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em Latossolo no Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008, 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, 32)

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed., Jaboticabal: Funep, 2000.

CASSINI, S, T. **Biotecnologia ambiental: ciclo do nitrogênio**. Espírito Santo :UFES, 2009.

CASTRO, O. M. **Preparo de solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill. 1989. 41p.

CHIDI, S. N.; SORATTO, R. P.; SILVA, T. R. B.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1391-1395, 2002.

COLLAMER, D. J.; GEARTHART, M.; MONESMITH, F. L.; CRUZ, A. P.; SPOLIDORIO, E. S. Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro – 3. Sulfato de Amônio. In: PROCHNOW, L. I. IPNI-Brasil: nova missão, novos tempos. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.120, p.7-8, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **CENTRAL DE INFORMAÇÕES AGROPECUÁRIAS : Safras – Grãos**. [s.l.: s.n.], 2009. Apresenta séries de informações sobre o setor agrícola e de abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 4 jun. 2009.

COSTA, J. G. C.; VIEIRA, N. R. A. Qualidade, classificação comercial e manejo pós-colheita. In: YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: característica da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75p.

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.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.523-533.

CRUSCIOL, C. A.; LIMA, E. D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B.; MARUBAYASHI, O. M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.1, p.108-115, 2003.

CRUSCIOL, C. A.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, Pelotas, n.6, p.24-31, 2002.

DELOUCHE, J. C.; MATTHES, K. K.; DOUGHERTY, G. M.; BOYD, A. H. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.3, p.671-700, 1973.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba: Departamento de solos, Geologia e Fertilidade, ESLQ/USP, 1980. p.11-31.

DIAS, D. C. F. S.; VIEIRA, A. N.; BHERING, M. C. Testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão e vagem de quiabo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.20, n.2, p.170-175,1998.

DIDONET, A. D. Fisiologia. In: MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.22-27.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Ecofisiologia e fenologia. In: **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.23-46.

DUBOIS, N.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, Washington, v.28, p.350-356, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa/CNPAF. **Cultivares de feijão recomendados para plantio no ano agrícola 1996/97**. Goiânia, 1997. 24 p. (Informativo Anual das Comissões Técnicas Regionais de Feijão, 4).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa/CNPAF. **Feijão**. [s.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>> Acesso em 4 jun. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa/CNPSo. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa/CNPSo, 2006. 306p.

FACRE, W. R. Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro – 1. Uréia. In: PROCHNOW, L. I. IPNI-Brasil: nova missão, novos tempos. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.120, p.5-6, 2007.

FARINELLI, R. F.; LEMOS, L. B.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de

solo e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n.2, p.102-109, 2006.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDP). **Área de plantio direto**. [s.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>> Acesso em 4 jun. 2009

FERNANDES, F. A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; ROMANINI JUNIOR, A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.27, n.1, p.7-15, 2005.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPEZ, B.N. Etapas de desenvolvimento da planta de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. p.53-73.

FERREIRA, A. N; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.57, n.3, p.507-512, 2000.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 4. ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733p.

GOMES JUNIOR, F. G.; LIMA, E. R.; FREITAS, A. J.; MATTOS, 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**. Maringá, v.27, n.3, p. 455-459, 2005a.

GOMES JUNIOR, F. G.; LIMA, E. R.; SÁ, M. E.; ARF, O.; RAPASSI, R. M. A. Rendimento do feijoeiro de inverno em resposta à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.27, n.1, p. 77-81, 2005b.

GOMES JUNIOR, F. G. **Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre diferentes palhadas: produtividade, composição química e qualidade fisiológica das sementes**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2006.

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 1998. p.38-49.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A.; BUZETTI, S. **Software hidriza e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS/DCSER, 1995. p.34-45. (Série Irrigação, 1)

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Conceitos. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 1998. p.16-20.

HUNGRIA, M. Estudo sobre a associação rizóbio-leguminosa: coleta de nódulos e isolamento de rizóbio. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994, p.45-61.

IADEROZA, M.; SALES, A. M.; BALDINI, V. L. S.; SARTORI, M. R.; FERREIRA, V. L. P. Polyphenol oxidase activity and alterations in colour and levels of condensed tannins during storage of new bean (*Phaseolus*) cultivars. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p.154-164, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Obtém informações mensais sobre previsão e acompanhamento de safras agrícolas, com estimativas de produção, rendimento médio e áreas plantadas e colhidas, tendo como unidade de coleta os municípios. [s.l.: s.n.], 2009. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 9 de Julho 2009.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Banco de dados: preços agrícolas**. [s.l.: s.n.], 2009. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br>> Acesso em 4 jun. 2009.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). **Soil Biochemistry**, New York, v.5, p.415-471, 1981.

KLUTHCOUSKI, J; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 63 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 188).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. Bean yield as affected by mulch from different crops residues. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v.44, p.69-70, 2001.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. **Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 28p (Documentos/ Embrapa Arroz e Feijão, 157).

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

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO (Coord.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

KURIHARA, H. C.; FABRÍCIO, A. C.; PITOL, C.; STAUT, L. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. p.136-144.

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

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

LÓPEZ, A; JESUS, H. S.; ROCHA, M. M.; FRIES, M; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. **Diagnóstico do potencial de nitrificação e desnitrificação em solo sob pastagens de bracharia sp. e solo sob plantio direto e convencional**. Seropédica: 1998. (Embrapa- Documento,78).

MAGALHÃES, R.T. **Evolução das propriedades físicas e químicas de solos submetidos ao manejo pelo sistema barreira**, 1997. 86f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.114-178, 2004

MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: _____. **Abc da adubação**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p.26-39.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p.130. 1980.

MALAVOLTA, E. Leguminosas. In: **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. p.112.

MALAVOLTA, E. Sintomas visuais de deficiência e excesso. In: _____. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. p.548-567.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. v. 12, 495p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.3.1-3.24.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D.; ROBIN, D. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.181, p.71-82. 1996.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 887p.

MATTSON, W. J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology and systematics**, Palo Alto, v.11, p.119-161, 1980.

MCDONALD JUNIOR, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceeding of the Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v.65, n.1, p.109-139, 1975.

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

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 digestibilidade protéica. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO – MAPA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2005**. [s.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/html/legislacao/IN%2025%20padr_365%20de%20qualidade%20para%20produ_347_343o%20de%20sementes.pdf> Acesso em 26 agosto. 2009.

MOLINA, S. M. G.; GAZIOLA, S. A.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Manipulação de cereais para acúmulo de lisina nas sementes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.205-211, 2001.

MOREIRA, J. A. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, J. G.; STONE, L. F. Sistema plantio direto. In: MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.63-72.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C., VIGIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. L.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; COSTA, R. F.; LEAL, F. R. F. Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.25, n. 1, p.49-55, 2003,

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996, p.182-184.

OLIVEIRA, I. P.; FAGERIA, N. K. Calagem e adubação. In: MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; BIAVA, M. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.39-53.

OLIVEIRA, R.M. **Resposta do feijão de inverno a doses de nitrogênio no sistema de plantio direto e efeito de palhadas no desenvolvimento do mofo-branco**, 2001. 88f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.

OLIVEIRA, R. L.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; LUIS, R. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2009.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. California: Academic Press, 1989. 275p.

PELEGRINI, 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, p. 219-226, 2009.

PICCOLO, M. C. **Biogeoquímica do nitrogênio em ecossistemas tropicais**. CENA/USP. [s.l.: s.n.], 2005. Disponível em:<www.cena.usp.br/apostilas/marisa>. Acesso em 15 jan 2005.

POWLSON, D. S.; BROOKES, D. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of microbial biomass provides as early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology Biochemistry**. Oxford, v.19, p.159-164, 1987.

RAIJ, B. Van. ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

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

RODRIGUES, G. B. **Aspectos produtivos e sanitários de sementes de feijoeiro em função do uso de diferentes coberturas de solo no sistema de plantio direto**. 2008. 69f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2008.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.4, p.74-82, 2007.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.353-385.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.2, p.355-362, 2003.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; GARCIA, R. A. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milheto após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1169-1175, 2007.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro.**: Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.1-4. (Encarte-Informações agrônômicas, 68).

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987, 93 p. (Circular Técnica, 8).

SALUM, J. D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NAKAGAWA, J. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n.1, p.140-149, 2008.

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

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

SANTOS, T. E. B. **Comunidade microbiana do solo e produtividade do feijoeiro com e sem inoculação com rizóbio, associado a fontes e épocas de aplicação de nitrogênio**. 2009. 98f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2009.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p. (Mimeografado)

SILVA, C. C.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; DIAZ, J. L. C.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; PEREIRA, H. S.; STÉFANO, J. G. **Arranjos espaciais de plantas de feijoeiro comum de diferentes tipos de crescimento em latossolo no cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 40 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 236).

SILVA, E. C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (^{15}N) da uréia, do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005. 111f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na agricultura, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 2005.

SILVA, G. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2002.

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.

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

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A.; REIS, R. P. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.

SOUZA, E. D. **Efeito de fontes, doses e épocas da adubação nitrogenada sobre os componentes de produção e a produtividade do feijoeiro irrigado em plantio direto**. 2006. 26f. Dissertação (Mestrado) –Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2006.

SPEARS, J. F. An introduction to seed vigour testing. In: VAN DER VENTER, H.A. (Ed.). Seed vigour testing seminar. Zürich: International, **Seed Testing Association**, 1995. p.1-9.

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**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado**. 2008. 80f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2008.

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

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

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.2, p.124-133, 2009.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Brasília, v. 29, n.4 p. 609- 618, 2005.

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

VENTURINI, S. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; VENTURINI, E. F.; GIRACCA, E. M. N. efeito do vermicomposto, uréia e inoculação com *Rhizobium phaseoli* na cultura do feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.4, n.1, p.52-59, 2005.

VICTÓRIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p. 105-119.

VIEIRA, C. Métodos culturais. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n.223, p.57-59, 2004.

YEMM, E. M.; COCKING, E. C. Estimation of amino acids by ninhydrin. **Analyst**, London, v.80, p. 209-213, 1955.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST**. Pelotas: UFPel-Instituto de Física e matemática, 1986. 150p.

Apêndices



Lista de apêndices

Apêndice A – Fotografias

- Apêndice A1** - Aspecto geral da área de cultivo com cobertura morta (milho + *Brachiaria*) e do sistema de irrigação do tipo pivô central, Selvíria (MS). _____ 157
- Apêndice A2** - Aspecto geral da área de cultivo na 1ª dessecação, ou seja, oito dias após o manejo mecânico (triton) ou quarenta dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2006. _____ 157
- Apêndice A3** - Aspecto geral da área de cultivo na 1ª dessecação, ou seja, oito dias após o manejo mecânico (triton) ou trinta e três dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2007. _____ 158
- Apêndice A4** - Aspecto geral da área de cultivo com as fontes de nitrogênio utilizadas no trabalho na adubação realizada a lanço, Selvíria (MS). _____ 158
- Apêndice A5** - Aspecto geral da área de cultivo na 1ª adubação antecipada, ou seja, trinta dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2006. _____ 159
- Apêndice A6** - Aspecto geral da área de cultivo na 2ª adubação antecipada, ou seja, quinze dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2006. _____ 159
- Apêndice A7** - Aspecto geral da área de cultivo na 2ª adubação antecipada, ou seja, quinze dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2007. _____ 160
- Apêndice A8** - Aspecto geral da área de cultivo na semeadura do feijão sobre gramínea (milho + braquiária), Selvíria (MS), 2006. _____ 160
- Apêndice A9** - Aspecto geral da área de cultivo e das plântulas do feijoeiro de inverno irrigado na 1ª adubação de cobertura, ou seja, quinze dias após semeadura, Selvíria (MS), 2006. _____ 161
- Apêndice A10** - Aspecto geral da área de cultivo e das plântulas do feijoeiro de inverno irrigado na 1ª adubação de cobertura, ou seja, quinze dias após semeadura, Selvíria (MS), 2007. _____ 161
- Apêndice A11** - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno irrigado na 2ª adubação de cobertura, ou seja, trinta dias após semeadura, Selvíria (MS), 2006. _____ 162
- Apêndice A12** - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno irrigado na 2ª adubação de cobertura, ou seja, trinta dias após semeadura, Selvíria (MS), 2007. _____ 162

- Apêndice A13** - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno no florescimento, ou seja, quarenta dias após emergência das plântulas, Selvíria (MS), 2006. _____ 163
- Apêndice A14** - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno no florescimento, ou seja, quarenta e três dias após emergência das plântulas, Selvíria (MS), 2007. _____ 163
- Apêndice A15** - Aspecto geral das plantas noduladas com rizóbio no florescimento. _____ 164
- Apêndice A16** - Aspecto geral da área de cultivo na colheita do feijoeiro de inverno irrigado, ou seja, oitenta e dois dias após emergência das plântulas, Selvíria (MS), 2006. _____ 164
- Apêndice B – Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa**
- Apêndice B1** - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de população inicial e final em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 165
- Apêndice B2** - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de número de nódulos por planta e massa seca de planta em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _ 166
- Apêndice B3** - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de nitrogênio e enxofre foliares em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 167
- Apêndice B4** - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de número de vagens e sementes planta⁻¹ em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 168
- Apêndice B5** - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de número de sementes vagem⁻¹ e massa de 100 sementes em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 169
- Apêndice B6** - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de produtividade em feijoeiro de inverno em função da

inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 170

Apêndice B7 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de nitrogênio e aminoácidos nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 171*

Apêndice B8 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de proteína bruta e solúvel nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 172*

Apêndice B9 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de rendimento de proteína bruta e solúvel em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007. _____ 173*

Apêndice B10 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de açúcares livres (AL) e polissacarídeos solúveis em água (WSP) nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 174*

Apêndice B11 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de amido e carboidrato total nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 175*

Apêndice B12 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de primeira contagem de germinação (5 dias) e germinação total (9 dias) de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 176*

Apêndice B13 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de índice de velocidade de germinação e umidade das sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 177*

Apêndice B14 - *Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007. _____ 178*

Apêndice A – Fotografias



Apêndice A1 - Aspecto geral da área de cultivo com cobertura morta (milho + Brachiaria) e do sistema de irrigação do tipo pivô central, Selvíria (MS).



Apêndice A2 - Aspecto geral da área de cultivo na 1ª dessecação, ou seja, oito dias após o manejo mecânico (triton) ou quarenta dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A3 - Aspecto geral da área de cultivo na 1ª dessecação, ou seja, oito dias após o manejo mecânico (triton) ou trinta e três dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2007.



Apêndice A4 - Aspecto geral da área de cultivo com as fontes de nitrogênio utilizadas no trabalho na adubação realizada a lanço.



Apêndice A5 - Aspecto geral da área de cultivo na 1ª adubação antecipada, ou seja, trinta dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A6 - Aspecto geral da área de cultivo na 2ª adubação antecipada, ou seja, quinze dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A7 - Aspecto geral da área de cultivo na 2ª adubação antecipada, ou seja, quinze dias antes da semeadura, Selvíria (MS), 2007.



Apêndice A8 - Aspecto geral da área de cultivo na semeadura do feijão sobre gramínea (milho + braquiária), Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A9 - Aspecto geral da área de cultivo e das plântulas do feijoeiro de inverno irrigado na 1ª adubação de cobertura, ou seja, quinze dias após sementeira, Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A10 - Aspecto geral da área de cultivo e das plântulas do feijoeiro de inverno irrigado na 1ª adubação de cobertura, ou seja, quinze dias após sementeira, Selvíria (MS), 2007.



Apêndice A11 - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno irrigado na 2ª adubação de cobertura, ou seja, trinta dias após sementeira, Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A12 - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno irrigado na 2ª adubação de cobertura, ou seja, trinta dias após sementeira, Selvíria (MS), 2007.



Apêndice A13 - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno no florescimento, ou seja, quarenta dias após emergência das plântulas, Selvíria (MS), 2006.



Apêndice A14 - Aspecto geral da área de cultivo e das plantas do feijoeiro de inverno no florescimento, ou seja, quarenta e três dias após emergência das plântulas, Selvíria (MS), 2007.



Apêndice A15 - Aspecto geral das plantas noduladas com rizóbio no florescimento.



Apêndice A16 - Aspecto geral da área de cultivo na colheita do feijoeiro de inverno irrigado, ou seja, oitenta e dois dias após emergência das plântulas, Selvíria (MS), 2006.

Apêndice B – Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa

Apêndice B1 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de população inicial e final em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	População de Plantas			
	Inicial – Estádio V ₂ *		Final - Colheita	
	2006	2007	2006	2007
	-----plantas ha ⁻¹ x 100-----			
Inoculação	0,94 ^{n.s.}	0,07 ^{n.s.}	1,84 ^{n.s.}	0,22 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	0,18 ^{n.s.}	7,89 ^{**}	1,29 ^{n.s.}	4,71 [*]
Modo de aplicação de N	1,83 ^{n.s.}	1,05 ^{n.s.}	1,13 ^{n.s.}	0,67 ^{n.s.}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	2,71 ^{n.s.}	0,76 ^{n.s.}	0,72 ^{n.s.}	1,51 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	0,81 ^{n.s.}	3,23 ^{n.s.}	1,13 ^{n.s.}	1,10 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	0,51 ^{n.s.}	2,75 ^{n.s.}	1,44 ^{n.s.}	0,55 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	0,40 ^{n.s.}	1,40 ^{n.s.}	0,41 ^{n.s.}	0,78 ^{n.s.}
Inoculação	---	---	---	---
DMS Fonte de nitrogênio	---	7,82	---	7,36
Modo de aplicação de N	---	---	---	---

^{n.s.} não significativo; ^{*} significativo a 1% de probabilidade; ^{**} significativo a 5% de probabilidade; [†] 50% das plantas com folhas primárias expandidas.

Apêndice B2 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de número de nódulos por planta e massa seca de planta em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Nódulos planta ⁻¹		Massa Seca	
	2006	2007	2006	2007
	-----Nº-----g planta ⁻¹ -----			
Inoculação	---	---	1,96 ^{n.s.}	0,17 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	---	---	0,73 ^{n.s.}	1,80 ^{n.s.}
Modo de aplicação de N	---	---	4,59 ^{**}	6,59 ^{**}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	---	---	1,99 ^{n.s.}	0,69 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	---	---	1,25 ^{n.s.}	0,87 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	---	---	1,54 ^{n.s.}	1,95 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	---	---	1,14 ^{n.s.}	1,05 ^{n.s.}
DMS Inoculação	---	---	---	---
Fonte de nitrogênio	---	---	---	---
Modo de aplicação de N	---	---	2,88	1,75

^{n.s.} não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade.

Apêndice B3 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de nitrogênio e enxofre foliares em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores foliares					
	Nitrogênio		Enxofre			
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
	-----g kg ⁻¹ -----					
Inoculação	2,89 ^{n.s.}	1,78 ^{n.s.}	9,29 ^{**}			0,52 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	0,18 ^{n.s.}	1,62 ^{n.s.}	10,90 ^{**}			3,36 ^{n.s.}
Modo de aplicação de N	8,45 ^{**}	1,75 ^{n.s.}	1,23 ^{n.s.}			1,30 ^{n.s.}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	0,25 ^{n.s.}	0,47 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}			4,33 [*]
Inoculação x Modo de aplicação de N	0,91 ^{n.s.}	0,81 ^{n.s.}	2,33 ^{n.s.}			4,00 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	0,43 ^{n.s.}	0,95 ^{n.s.}	1,70 ^{n.s.}			4,02 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	0,72 ^{n.s.}	0,73 ^{n.s.}	1,25 ^{n.s.}			1,29 ^{n.s.}
Inoculação	---	---	0,15			---
DMS Fonte de nitrogênio	---	---	0,15			---
Modo de aplicação de N	1,41	---	---			---

^{n.s.} não significativo; * significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B4 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de número de vagens e sementes planta⁻¹ em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Vagens planta ⁻¹		Sementes planta ⁻¹	
	2006	2007	2006	2007
	-----Nº-----			
Inoculação	2,49 ^{n.s.}	7,62 ^{**}	3,77 ^{n.s.}	9,86 ^{**}
Fonte de nitrogênio	0,01 ^{n.s.}	1,41 ^{n.s.}	0,01 ^{n.s.}	1,28 ^{n.s.}
Modo de aplicação de N	1,04 ^{n.s.}	1,07 ^{n.s.}	1,04 ^{n.s.}	0,75 ^{n.s.}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	0,33 ^{n.s.}	0,66 ^{n.s.}	0,33 ^{n.s.}	0,38 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	1,12 ^{n.s.}	0,94 ^{n.s.}	1,12 ^{n.s.}	0,89 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	0,80 ^{n.s.}	0,14 ^{n.s.}	0,80 ^{n.s.}	0,21 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	0,61 ^{n.s.}	0,64 ^{n.s.}	0,61 ^{n.s.}	0,47 ^{n.s.}
DMS Inoculação	---	1,52	---	6,62
Fonte de nitrogênio	---	---	---	---
Modo de aplicação de N	---	---	---	---

^{n.s.} não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade.

Apêndice B5 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de número de sementes vagem⁻¹ e massa de 100 sementes em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Sementes vagem ⁻¹		Massa de 100 sementes	
	2006	2007	2006	2007
	-----N ^o -----g-----			
Inoculação	1,43 ^{n.s.}	1,21 ^{n.s.}	4,96 [*]	3,78 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	7,53 ^{**}	0,01 ^{n.s.}	2,11 ^{n.s.}	2,49 ^{n.s.}
Modo de aplicação de N	1,29 ^{n.s.}	0,99 ^{n.s.}	5,23 ^{**}	2,81 ^{**}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	5,10 ^{n.s.}	1,76 ^{n.s.}	0,26 ^{n.s.}	0,03 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	1,31 ^{n.s.}	0,48 ^{n.s.}	0,80 ^{n.s.}	1,02 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	0,42 ^{n.s.}	1,27 ^{n.s.}	2,54 ^{n.s.}	0,84 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	1,51 ^{n.s.}	0,65 ^{n.s.}	1,76 ^{n.s.}	0,43 ^{n.s.}
DMS	---	---	0,78	---
Fonte de nitrogênio	0,11	---	---	---
Modo de aplicação de N	---	---	2,44	1,68

^{n.s.} não significativo; * significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B6 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de produtividade em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Produtividade		
	2006	2007	Média
	-----kg ha ⁻¹ -----		
Inoculação	0,05 ^{n.s.}	0,01 ^{n.s.}	---
Fonte de nitrogênio	0,01 ^{n.s.}	0,01 ^{n.s.}	---
Modo de aplicação de N	1,11 ^{n.s.}	1,15 ^{n.s.}	---
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	0,43 ^{n.s.}	0,09 ^{n.s.}	---
Inoculação x Modo de aplicação de N	0,68 ^{n.s.}	1,06 ^{n.s.}	---
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	2,34*	0,31 ^{n.s.}	---
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	0,91 ^{n.s.}	0,38 ^{n.s.}	---
DMS	---	---	---
Inoculação	---	---	---
Fonte de nitrogênio	---	---	---
Modo de aplicação de N	---	---	---

^{n.s.} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B7 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de nitrogênio e aminoácidos nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes					
	Nitrogênio		Aminoácidos			
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
	-----g kg ⁻¹ -----		-----%-----			
Inoculação	41,59 ^{**}	21,08 ^{**}	26,37 ^{n.s.}	26,31 ^{**}		
Fonte de nitrogênio	6,20 [*]	7,86 ^{**}	4,18 ^{n.s.}	15,25 ^{**}		
Modo de aplicação de N	13,97 ^{**}	3,80 ^{**}	2,69 ^{**}	2,95 [*]		
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	1,24 ^{n.s.}	2,62 ^{n.s.}	10,88 ^{**}	1,16 ^{n.s.}		
Inoculação x Modo de aplicação de N	3,45 ^{n.s.}	1,25 ^{n.s.}	2,19 ^{n.s.}	0,25 ^{n.s.}		
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	0,41 ^{n.s.}	0,59 ^{n.s.}	2,19 ^{n.s.}	0,55 ^{n.s.}		
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	3,62 ^{n.s.}	0,92 ^{n.s.}	0,55 ^{n.s.}	1,43 ^{n.s.}		
Inoculação	0,42	0,96	---	0,05		
DMS Fonte de nitrogênio	0,42	0,96	---	0,05		
Modo de aplicação de N	1,30	3,013	0,06	0,16		

^{n.s.} não significativo; ^{*} significativo a 1% de probabilidade; ^{**} significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B8 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de proteína bruta e solúvel nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes			
	Proteína bruta		Proteína solúvel	
	2006	2007	2006	2007
Inoculação	41,59**	21,04**	24,31 ^{n.s.}	21,11**
Fonte de nitrogênio	6,179*	7,84**	7,80 ^{n.s.}	7,89**
Modo de aplicação de N	13,97**	3,79**	8,33**	3,79*
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	1,24 ^{n.s.}	2,62 ^{n.s.}	14,22**	2,62 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	3,40 ^{n.s.}	1,24 ^{n.s.}	7,74 ^{n.s.}	1,24 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	2,40 ^{n.s.}	1,59 ^{n.s.}	6,22 ^{n.s.}	2,58 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	3,60 ^{n.s.}	2,91 ^{n.s.}	4,01 ^{n.s.}	2,92 ^{n.s.}
Inoculação	0,26	0,60	---	0,46
DMS Fonte de nitrogênio	0,26	0,60	---	0,46
Modo de aplicação de N	0,82	1,88	0,90	1,45

^{n.s.} não significativo; * significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B9 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de rendimento de proteína bruta e solúvel em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Selvíria (MS), 2006 e 2007.

Tratamentos	Rendimento proteína					
	Bruta			Solúvel		
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
	-----kg ha ⁻¹ -----					
Inoculação	0,86 ^{n.s.}	1,97 ^{n.s.}	0,86 ^{n.s.}	1,99 ^{n.s.}	0,86 ^{n.s.}	1,99 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	0,01 ^{n.s.}	0,87 ^{n.s.}	0,06 ^{n.s.}	0,87 ^{n.s.}	0,06 ^{n.s.}	0,87 ^{n.s.}
Modo de aplicação de N	2,14*	1,55 ^{n.s.}	2,09*	1,55 ^{n.s.}	2,09*	1,55 ^{n.s.}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	0,37 ^{n.s.}	0,75 ^{n.s.}	0,17 ^{n.s.}	0,76 ^{n.s.}	0,17 ^{n.s.}	0,76 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	0,79 ^{n.s.}	1,71 ^{n.s.}	1,05 ^{n.s.}	1,71 ^{n.s.}	1,05 ^{n.s.}	1,71 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	2,28**	1,36 ^{n.s.}	2,39**	1,36 ^{n.s.}	2,39**	1,36 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	0,83 ^{n.s.}	1,46 ^{n.s.}	0,86 ^{n.s.}	1,46 ^{n.s.}	0,86 ^{n.s.}	1,46 ^{n.s.}
DMS Inoculação	---	---	---	---	---	---
Fonte de nitrogênio	---	---	---	---	---	---
Modo de aplicação de N	95,52	---	79,11	---	79,11	---

^{n.s.} não significativo; * significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B10 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de açúcares livres (AL) e polissacarídeos solúveis em água (WSP) nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes					
	Açúcares livres		WSP			
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Inoculação	107,75 ^{**}	16,07 ^{**}	186,43 ^{**}	565,18 ^{**}		
Fonte de nitrogênio	13,69 ^{**}	29,55 ^{**}	2,27 ^{n.s.}	6,71 [*]		
Modo de aplicação de N	4,10 ^{**}	2,56 ^{**}	4,86 ^{**}	12,80 ^{**}		
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	1,81 ^{n.s.}	1,08 ^{n.s.}	1,68 ^{n.s.}	1,39 ^{n.s.}		
Inoculação x Modo de aplicação de N	4,35 ^{n.s.}	4,31 ^{n.s.}	1,34 ^{n.s.}	3,02 ^{n.s.}		
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	2,74 ^{n.s.}	3,47 ^{n.s.}	3,02 ^{n.s.}	2,31 ^{n.s.}		
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	2,08 ^{n.s.}	3,41 ^{n.s.}	11,96 ^{n.s.}	3,10 ^{n.s.}		
Inoculação	0,25	0,34	0,06	0,34		
DMS Fonte de nitrogênio	0,25	0,34	---	0,34		
Modo de aplicação de N	0,78	1,07	0,20	1,07		

^{n.s.} não significativo; * significativo a 1% de probabilidade; ^{**} significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B11 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de teores de amido e carboidrato total nas sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Teores nas sementes			
	Amido		Carboidrato total	
	2006	2007	2006	2007
Inoculação	8,30 ^{**}	136,33 ^{**}	16,47 ^{**}	0,54 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	1,56 ^{n.s.}	1,06 ^{n.s.}	3,80 ^{n.s.}	7,21 ^{**}
Modo de aplicação de N	3,56 ^{**}	14,61 ^{**}	3,14 ^{**}	19,48 ^{**}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	1,23 ^{n.s.}	4,50 ^{n.s.}	0,28 ^{n.s.}	1,19 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	2,22 ^{n.s.}	2,88 ^{n.s.}	3,90 ^{n.s.}	6,76 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	3,87 ^{n.s.}	1,60 ^{n.s.}	3,93 ^{n.s.}	2,99 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	3,58 ^{n.s.}	1,83 ^{n.s.}	3,06 ^{n.s.}	2,48 ^{n.s.}
Inoculação	1,43	0,63	1,44	---
DMS Fonte de nitrogênio	---	---	---	0,79
Modo de aplicação de N	4,45	1,96	4,49	2,45

^{n.s.} não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade.

Apêndice B12 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de primeira contagem de germinação (5 dias) e germinação total (9 dias) de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Germinação			
	1ª contagem de germinação (5 dias)		Total (9 dias)	
	2006	2007	2006	2007
	------%-----			
Inoculação	0,76 ^{n.s.}	0,77 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio	0,19 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}	1,90 ^{n.s.}	2,11 ^{n.s.}
Modo de aplicação de N	1,15 ^{n.s.}	1,16 ^{n.s.}	1,64 ^{n.s.}	1,57 ^{n.s.}
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	4,11*	4,12 ^{n.s.}	0,50 ^{n.s.}	0,50 ^{n.s.}
Inoculação x Modo de aplicação de N	3,79 ^{n.s.}	3,80 ^{n.s.}	2,75 ^{n.s.}	2,73 ^{n.s.}
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	3,78 ^{n.s.}	3,78 ^{n.s.}	1,25 ^{n.s.}	1,23 ^{n.s.}
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	4,09 ^{n.s.}	4,09 ^{n.s.}	1,78 ^{n.s.}	1,71 ^{n.s.}
DMS Inoculação	---	---	---	---
Fonte de nitrogênio	---	---	---	---
Modo de aplicação de N	---	---	---	---

^{n.s.} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B13 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de índice de velocidade de germinação e umidade das sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Índice de velocidade de germinação		Umidade das sementes	
	2006	2007	2006	2007
Inoculação	0,47 ^{n.s.}	0,48 ^{n.s.}	---	---
Fonte de nitrogênio	0,46 ^{n.s.}	0,46 ^{n.s.}	---	---
Modo de aplicação de N	1,01 ^{n.s.}	1,01 ^{n.s.}	---	---
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	1,98 ^{n.s.}	1,99 ^{n.s.}	---	---
Inoculação x Modo de aplicação de N	1,35 ^{n.s.}	0,35 ^{n.s.}	---	---
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	2,52 ^{n.s.}	2,52 ^{n.s.}	---	---
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	2,86 ^{n.s.}	2,87 ^{n.s.}	---	---
DMS Inoculação	---	---	---	---
Fonte de nitrogênio	---	---	---	---
Modo de aplicação de N	---	---	---	---

^{n.s.} não significativo.

Apêndice B14 - Valores médios de F, níveis de significância e diferença média significativa de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica de sementes de feijão em função da inoculação de sementes, fontes e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira (SP), 2006 e 2007.

Tratamentos	Vigor					
	Envelhecimento acelerado			Condutividade elétrica		
	2006	2007	2006	2006	2006	2007
	-----%	-----	-----	-----	-----	----- $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ -----
Inoculação	1,64 ^{n.s.}	3,16 ^{n.s.}	0,51 ^{n.s.}	0,35 ^{n.s.}		
Fonte de nitrogênio	0,94 ^{n.s.}	3,16 ^{n.s.}	0,69 ^{n.s.}	0,51 ^{n.s.}		
Modo de aplicação de N	0,75 ^{n.s.}	0,85 ^{n.s.}	0,76 ^{n.s.}	0,74 ^{n.s.}		
F Inoculação x Fonte de nitrogênio	0,54 ^{n.s.}	0,54 ^{n.s.}	0,27 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}		
Inoculação x Modo de aplicação de N	2,73 ^{n.s.}	2,57 ^{n.s.}	2,09 ^{n.s.}	2,15 ^{n.s.}		
Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de nitrogênio	0,74 ^{n.s.}	0,71 ^{n.s.}	2,02 ^{n.s.}	2,04 ^{n.s.}		
Inoculação x Fonte de nitrogênio x Modo de aplicação de N	3,78 ^{n.s.}	4,28 ^{n.s.}	1,12 ^{n.s.}	1,21 ^{n.s.}		
Inoculação	---	---	---	---		
DMS Fonte de nitrogênio	---	---	---	---		
Modo de aplicação de N	---	---	---	---		

^{n.s.} não significativo.