

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

DISSERTAÇÃO

**Avaliação da Produção de Biomassa Vegetal e Grãos
por Cultivares de Feijão-Caupi**

Sumaya Mário Nosoline

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA VEGETAL E GRÃOS
POR CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

SUMAYA MÁRIO NOSOLINE

Sob a Orientação do Pesquisador
Gustavo Ribeiro Xavier

e Co-orientação da Pesquisadora
Norma Gouvêa Rumjanek

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2012

635.652

N897a

T

Nosoline, Sumaya Mário, 1987-

Avaliação da produção de biomassa vegetal e grãos por cultivares de feijão-caupi / Sumaya Mário Nosoline – 2012.

46 f. : il.

Orientador: Gustavo Ribeiro Xavier.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo.

Bibliografia: f. 34-46.

1. Feijão-caupi – Adubos e fertilizantes – Teses. 2. Feijão-caupi - Inoculação – Teses. 3. Nitrogênio – Fixação – Teses. 4. Grãos – Cultivo – Teses. I. Xavier, Gustavo Ribeiro, 1973-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

SUMAYA MÁRIO NOSOLINE

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/02/2012

Gustavo Ribeiro Xavier. Dr. Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Adelson Paulo de Araujo. Dr. UFRRJ

Raul de Lucena Duarte Ribeiro. Ph.D. UFRRJ

Jerri Edson Zilli. Dr. Embrapa Agrobiologia

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a todas as pessoas que me fizeram chegar até aqui, em especial à minha avó Isabel Gomes (in memoriam) pelo exemplo e carinho, aos meus pais Mário Nosoline e Sata Mamadú Cassamá pelo apoio e amor, à Elvi Vasconcellos da Silva, minha mãe brasileira, por todos esses anos de convivência e por possibilitar os meus estudos, aos meus irmãos Issuf, Mário, Inês, Samir, Isabel e Adenilde pela força, amizade e carinho e à Joaquim Coimbra companheiro de todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar a me guardar e orientar em todos os momentos, mesmo nos que eu não pude ouvi-lo.

À Elvi Vasconcellos, pela dedicação, apoio, amizade e carinho prestados desde a minha chegada ao Brasil.

Aos meus pais Mário Nosoline e Sata Mamadú Cassamá, que abriram mão da convivência com as filhas para que pudéssemos adquirir estudo e formação de qualidade.

À minha família guineense, em especial à minha avó Isabel (in memoriam), meus irmãos Issuf, Mário, Inês, Samir, Isabel e Adenilde e sobrinhos Kaizer e Marinho, fontes de inspiração para busca dos meus ideais.

Aos meus Padrinhos Edson, Mônica, João, Elizete e Zezinho, pelo carinho, e amizade.

À família Bona (Renata, Fernanda, Vera e Ivan), pela acolhida, carinho e amizade.

À Joaquim, Nieta e Rafael pelos anos de convivência, amor, carinho, compreensão e amizade.

À todos os meus amigos, em especial à Jader, Renata, Maria Carolina, Ana Carolina, Raquel, Lívia, Fernando e Carla, que apesar da distância sempre mantiveram amizade, apoio e carinho por mim.

Às antigas moradoras do F1-19, Fabiana, Itaynara, Selma, Idalina, Mara, Dalila e Karina, por todos os anos de convivência, pela amizade, carinho, momentos felizes e agradáveis que passamos.

Aos amigos e companheiros da turma 2005-I, em especial à Helen, Amanda, Andréa, Denise, Ludmila, Machado, Thalles, Emília, Marcela, Léia, Eliete, Juçaria, Viviane, Giovane, Janiélis e Selma por ainda continuarem presentes na minha vida, compartilhando as conquistas e superações.

Aos meus orientadores Dra. Norma G. Rumjanek e Dr. Gustavo R. Xavier pelo incentivo paciência, sugestões e dedicação. Muito Obrigada.

Aos pesquisadores Márcia Reed, Janaina Ribeiro, Luc Rouws, Jerri Zilli, José Guilherme Guerra, Ednaldo Araújo, Robert Boddey, Bruno Alves e Professor Raul de Lucena pelas orientações e atenção.

Ao professor Ricardo Luis Louro Berbara, pelo carinho e possibilitar que realizasse a disciplina de estágio à docência sobre sua orientação.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Ecologia Microbiana pela convivência, aprendizagem e apoio, em especial à João Luiz, Bruno Mulato, Rosana Muzi, Andréa e Claudinha pela colaboração em todos os momentos, à Jakson que com seu conhecimento e paciência sempre me socorreu nos momentos de desespero, à Bia, Carol Domingues, Daniele, Deborah, Elson, Silvana e Vinícius meus parceiros e por proporcionarem sempre excelentes momentos.

À Fernanda Santana de Paulo, amiga mais que especial, companheira de todos os momentos, experimentos, alegrias e sofrimentos. Obrigada por partilhar das minhas conquistas e pelas palavras de apoio.

Às Dras. Rosa Mota, Anelise Dias e Viviane Rudle pelo carinho, amizade, conhecimentos compartilhados, palavras positivas e colaboração nos trabalhos.

Aos estudantes do CAEL, Lorena, Isabelle, Renata e Hendreew pela grandiosa ajuda no processamento do material amostrado, durante os experimentos de campo.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, pelo carinho, momentos de descontração e convivência harmoniosa.

À UFRRJ e ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, pela capacitação e formação, em especial aos professores Marcos Gervásio e Lúcia Helena Cunha dos Anjos, obrigada pelos valiosos ensinamentos ministrados em suas aulas e aos funcionários Isabel, Vagner, Marcos e Roberto pelo carinho e atenção.

À CAPES pela concessão da bolsa.

À Embrapa Agrobiologia pelo apoio e infra-estrutura recebidos para realização desse trabalho.

Aos funcionários do laboratório de Química Agrícola: Altiberto, Ednelson, Gisele, Monalisa e Roberto Andrade muitíssimo obrigada por serem tão solícitos nas análises de nitrogênio.

Aos funcionários da biblioteca da Embrapa agrobiologia: Jorge e Carmem pela colaboração em todos os momentos.

Aos funcionários Claudinho, Marildo, Elias Alves, Rosinaldo, Roberto, Aurélio e Serginho, obrigada por serem tão solícitos nos trabalhos experimentais.

Aos funcionários do Campo experimental da Embrapa Agrobiologia (Terraço): Ernani, Ébio (in memorian), Eugênio, Paulo, José Pedro, Luciano, Josias, Edilson, Enivaldo, Edvaldo, Fredson, Samuel, Oseas, Sílvio e Arlei, por todo apoio logístico, compromisso, atenção e cuidado nos experimentos, pessoas fundamentais na realização e viabilidade deste trabalho.

Á todos aqueles que direta e indiretamente, contribuíram para a execução do presente trabalho sem cujas colaborações o objetivo não teria sido alcançado.

Meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Sumaya Mário Nosoline, filha de Mário Nosoline e Sata Mamadú Cassamá, nasceu em 26 de maio de 1987, na cidade de Bissau, Guiné-Bissau. Chegou ao Brasil em 1999, para cursar o ensino fundamental, que concluiu em 2001, no CIEP Glória Roussin na cidade de Volta Redonda. Concluiu o ensino médio e o curso Técnico em Agropecuária em 2004 no Colégio Agrícola Nilo Peçanha em Pinheiral. Em 2009 graduou-se em Bacharelado em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Durante a graduação sempre esteve envolvida com estágios e projetos de pesquisa, sendo bolsista de iniciação científica no laboratório de Ecologia Microbiana da Embrapa Agrobiologia de 2007 a 2009, onde desenvolveu atividades de isolamento, caracterização e seleção de bactérias com potencial uso para inoculação em adubos verdes. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo da UFRRJ em março de 2010, como bolsista da CAPES, desenvolvendo sua dissertação junto ao laboratório de Ecologia Microbiana da Embrapa Agrobiologia, concluindo-a na presente data.

RESUMO

NOSOLINE, Sumaya Mário. **Avaliação da produção de biomassa vegetal e grãos por cultivares de feijão-caupi**. 2012. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

A capacidade de estabelecer simbiose com bactérias diazotróficas eficientes representa um incremento significativo na taxa de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), produtividade e desenvolvimento do feijão-caupi. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta no desenvolvimento, produção de grãos e biomassa vegetal de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* sp., em diferentes épocas de cultivo. Foram realizados três experimentos no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, em épocas diferentes de cultivo, com delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 2x5. Os tratamentos consistiram na inoculação das cultivares IPA 206 e Mauá com as estirpes BR 3262 (=SEMIA 6464) e BR 3267 (=SEMIA 6462), consórcio entre estirpes (BR 3267, BR 3262, INPA 03-11B (=SEMIA 6463), UFLA 3-84 (=SEMIA 6461) e BR 3299), controle nitrogenado (50 kg ha⁻¹ de N) e controle absoluto (sem inoculação e adubação). Em cada experimento, foram realizadas coletas antes da floração (35-50 dias após a emergência (DAE)) e aos 65-90 DAE, para avaliação: da massa de nódulos (MNS) e da parte aérea seca (MPAS), produtividade de vagens verdes e grãos secos, acúmulo de N na parte aérea e teor de N nos grãos verdes. No cultivo de março-maio, maiores teores de N total acumulado e massa da parte aérea seca foram encontrados na cultivar Mauá em associação com a BR 3267 na coleta aos 35 DAE. Já no cultivo de setembro-dezembro a inoculação com a BR 3267 proporcionou maior MNS e MPAS aos 40 DAE na cultivar IPA 206. No cultivo de junho-setembro a cultivar Mauá apresentou médias de MNS superiores à IPA 206, porém não se observou efeito significativo ($P > 0,01$) entre os tratamentos para as outras variáveis estudadas nas duas cultivares. As estirpes inoculadas proporcionam boa nodulação, rendimento de biomassa seca e acúmulo de N na parte aérea, quando comparadas ao controle absoluto e controle nitrogenado. Os cultivos de março-maio e setembro-dezembro mostraram-se mais favoráveis para o plantio das cultivares de feijão-caupi, apresentado estas, respostas semelhantes na produção de vagens verde e grãos secos.

Palavras-chave: FBN. Inoculação. Consórcio de estirpes. Adubação verde.

ABSTRACT

NOSOLINE, Sumaya Mário. **Evaluation of plant biomass and grain production by cowpea cultivars**. 2012. 46p. Dissertation (Master of Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2012.

The ability to establish effective symbiosis with diazotrophic bacteria represents a considerable increase in the rate of Biological Nitrogen Fixation (BNF), productivity and development of the cowpea plant. The objective of this study was to evaluate, under field conditions, the applicability of cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), for simultaneous grain and plant biomass production, after inoculation with strains of *Bradyrhizobium* sp., which are recommended for the cowpea crop. Field experiments were implemented at three different planting times with a randomized block design with four replications and a factorial 2x5. Treatments consisted in inoculation of cultivars IPA 206 and Maua with strains BR3262 (SEMIA = 6464) and BR3267 (SEMIA = 6462), a consortium of strains (BR3267, BR3262, INPA 03-11B (SEMIA = 6463) UFLA 3-84 (SEMIA = 6461) and BR3299), nitrogen control (50 kg ha⁻¹ N) and absolute control (free of inoculation and fertilization). Plants were collected at 35 and 65 days after emergence (DAE) and the following variables were analyzed: mass of nodules (MNS), shoot tissue dry weight (SDW), yield of green pods and dry grains, N accumulation in shoot tissue and N content in green beans. At the first planting time, concerning MNS, SDW and N content, the Maua cultivar presented higher values than the IPA 206 at 35 DAE. With respect to the third planting time, inoculation with strain BR 3267 lead to an increment in MNS and SDW at 40 DAE for cultivar IPA 206. Highest concentrations of total accumulated N and shoot tissue dry mass were found in Maua associated with BR 3267 collection at 35 DAE. For the second planting time, MNS of the cultivar Maua showed a higher average than the cultivar IPA 206, but no significant effect ($p > 0.01$) among treatments was observed for the other variables studied in both cultivars. The inoculated strains provide good nodulation, dry matter yield and N accumulation in shoot tissue compared to the absolute control and nitrogen control. The crops from March-May and from September-December were more favorable for the planting of cowpea cultivars, presenting similar responses in the production of green pods and dry grains.

Key words: BNF. Inoculation. Consortium of strains. Green manure

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** - Dados climáticos referentes às épocas de cultivo (Dados do Posto Agrometeorológico da Estação Ecologia Agrícola (83741), localizado no município de Seropédica (PESAGRO- RIO/INMET), Seropédica-RJ, 2011)..... 10
- Figura 2** - Feijão-caupi: A) aos 35 DAE; B) aos 60 DAE.; C) Florescimento e D) Vagens verdes (Cv Mauá) . Campo experimental da Embrapa Agrobiologia (Terraço), Seropédica-RJ, 2011.....13
- Figura 3** - Índice de colheita de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio.....28
- Figura 4** - Índice de colheita de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro.....29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo de três áreas antes da implantação dos experimentos nas diferentes épocas de cultivo.....	11
Tabela 2 - Identificação e características das estirpes de rizóbio.....	12
Tabela 3 - Características das cultivares de feijão-caupi IPA-206 e Mauá (IPA, 1990; GUEDES, 2008).....	13
Tabela 4 - Massa de nódulos seca, massa da parte área seca e nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio(1).....	16
Tabela 5 - Massa seca e teor de nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 60 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio(1).....	18
Tabela 6 - Produtividade de vagens verdes, teor de N nos grãos verdes e produtividade de grãos secos de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio(1).....	19
Tabela 7 - Massa de nódulos secos de duas cultivares de feijão-caupi, aos 50 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Junho-Setembro(1).....	21
Tabela 8 - Massa seca e nitrogênio total acumulado na parte área de duas cultivares de feijão-caupi aos 50 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Junho-Setembro ⁽¹⁾	22
Tabela 9 - Massa da parte área seca e nitrogênio total acumulado em duas feijão-caupi aos 90 DAE sob diferentes fontes de N. Cultivo de Junho-Setembro(1).....	23
Tabela 10 - Massa de nódulos seca, massa da parte área seca e nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 40 DAE , sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro(1).....	24
Tabela 11 - Massa seca e nitrogênio total acumulado na parte área de duas cultivares de feijão-caupi aos 70 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro(1).....	25
Tabela 12 - Produtividade de vagens verdes, teor de N nos grãos verdes e produtividade de grãos secos de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro(1).....	27
Tabela 13 - Valores médios de massa de nódulos secos, massa da parte aérea, e nitrogênio total acumulado na parte aérea na primeira (1) e segunda (2) coleta, de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes épocas de cultivo ⁽¹⁾	30
Tabela 14 - Recomendação técnica para plantio de duas cultivares de feijão-caupi para produção de biomassa vegetal e grãos em diferentes épocas de cultivo na região de baixada fluminense do estado de Rio de Janeiro.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Aptidão das Espécies Vegetais Cultivadas.....	2
2.2 Feijão-Caupi.....	3
2.2.1 Feijão-caupi para produção de grãos.....	4
2.2.2 Feijão-caupi para adubação verde.....	6
2.3 Fixação Biológica de Nitrogênio em Feijão-Caupi.....	7
2.4 Consórcio entre Estirpes Bacterianas.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Localização e Descrição da Área Experimental.....	10
3.2 Histórico das Áreas.....	10
3.3 Preparo do Inoculante.....	11
3.4 Procedimentos Experimentais e Tratamentos.....	12
3.5 Coletas, Amostragem e Análises do Material Vegetal.....	14
3.6 Análise Estatística.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Cultivo de Março-Maio.....	15
4.2 Cultivo de Junho-Setembro.....	20
4.3 Cultivo de Setembro-Dezembro.....	23
4.4 Índice de Colheita.....	28
4.5 Análise Conjunta dos Dados.....	29
5 CONCLUSÕES	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o grande desafio mundial de produção de alimentos aliada à sustentabilidade ambiental, o feijão-caupi revela-se como alternativa promissora para a produção de proteína e ferro a baixo custo e por um período curto de cultivo (FILGUEIRAS et al., 2009).

Leguminosa originária do continente africano, o feijão-caupi é cultivado em todas as regiões brasileiras onde, além da importância social e econômica, vem modificando a estrutura tradicional de produção e mercado, sendo seu cultivo feito tanto por pequenos quanto por médios e grandes produtores (ZILLI et al., 2009a; GUALTER, 2010).

Além da produção de grãos, o feijão-caupi tem aptidão para adubação verde, devido ao acúmulo de biomassa e nitrogênio, favorecido pela Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Essa característica viabiliza a sua introdução em sistemas de manejo com baixo aporte de matéria orgânica, contribuindo para elevação da fertilidade do solo para a cultura subsequente (CASTRO et al., 2004).

Em feijão-caupi a FBN é eficiente e este, quando bem nodulado, pode dispensar fontes minerais de nitrogênio. A inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* sp é bastante difundida no país e possibilita atingir níveis altos de produtividade da cultura (NEVES et al., 1982; RUMJANEK et al., 2005; GUALTER et al., 2011).

Atualmente quatro estirpes de *Bradyrhizobium* são recomendadas para inoculação em feijão-caupi pelo MAPA e apesar das diversas pesquisas relacionadas à eficiência simbiótica das mesmas, variações de respostas nas regiões avaliadas têm sido observadas.

Desta forma, estudos envolvendo a avaliação da produção de biomassa e grãos de cultivares de feijão-caupi, assim como a influência de diferentes períodos de cultivo, além de escassos, tornam-se importantes na avaliação do potencial simbiótico dessas bactérias quando inoculadas individualmente ou em consórcio e recomendação regionalizada que possa subsidiar o manejo da cultura.

Neste contexto, esta dissertação baseia-se na hipótese de que as variações climáticas influenciam no desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi, quanto à produção de grãos e/ou biomassa vegetal, quando inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium* sp..

Diante do exposto os objetivos deste estudo foram:

- a) Avaliar a resposta no desenvolvimento, produção de grãos e biomassa vegetal de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* sp., em diferentes períodos de cultivo;
- b) Analisar o efeito de diferentes períodos de cultivo na produção de biomassa, acúmulo de nitrogênio e produtividade de feijão-caupi;
- c) Comparar a eficiência simbiótica das estirpes de *Bradyrhizobium* sp quando inoculadas individualmente e em consórcio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aptidão das Espécies Vegetais Cultivadas

Os vegetais podem ser utilizados para diversas finalidades, dentre elas: produção de grãos, madeira, adubação verde, fitoterapia, recuperação de áreas degradadas e controle biológico. A exploração dessas aptidões está associada às necessidades e interesses humanos e funcionamento dos ecossistemas.

As espécies arbóreas são geralmente utilizadas na recuperação de áreas degradadas, revegetação e reflorestamento, construções, produção de móveis, energia, resina, dentre outros. Dentre elas se destaca a *Mimosa scabrella* (Bracatinga) que devido ao rápido crescimento e à fácil adaptação a solos pouco férteis, vem sendo indicada para fins de melhoria ou recuperação de áreas degradadas. Além disso, suas sementes fornecem uma goma, da qual se extrai açucares, trigalactosil-pinitol e galactomanana, utilizada em alimentos, explosivos, cosméticos e fármacos (GANTER, 1991; CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2010).

Já as culturas oleráceas, são importantes fontes de vitaminas, carboidratos, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, gordura e fibras na dieta alimentar humana. Destacam-se também em termos do teor de sais minerais acumulados, dentre eles, Ca, Fe e P. Além do valor alimentício, algumas espécies apresentam propriedades medicinais, atuando como calmante, estimulante, diuréticas, dentre outros (FILGUEIRA, 1981; FILGUEIRA, 2003).

Outro importante grupo é o das gramíneas, encontradas em variadas condições edafoclimáticas, o que aumenta a sua importância ecológica. São utilizadas desde alimentação humana e formação de pastagens à produção de biocombustíveis. Os cereais das espécies *Oryza sativa* (arroz), *Avena sativa* (aveia), *Zea mays* (milho), *Triticum aestivum* (trigo) e *Sorghum bicolor* (sorgo), por exemplo, são as principais fontes de carboidrato e fibra da dieta humana. Já o girassol (*Helianthus annuus*), além de uso como silagem para alimentação animal, seu cultivo pode estar associado à produção de Biodiesel e apicultura. A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), além do alto potencial para produção de biocombustível, apresenta elevada importância como fonte de açúcar (SOBRINHO et al., 2005; FERREIRA & ZANINE, 2007; BIODISELBR, 2011, EMBRAPA SOJA, 2011).

As leguminosas apresentam aptidões variadas, podendo ser exploradas tanto na alimentação humana e animal devido ao alto teor protéico de seus grãos, como no condicionamento do solo fornecendo biomassa para adubação verde. A soja (*Glycine max* Merr.) ainda é rica em isoflavonas, fito-hormônios antioxidantes, que atuam na redução dos níveis de colesterol e de risco de doenças cardiovasculares, além de prevenção e/ou tratamento de doenças hormônio-dependentes. Já o feijão-caupi além do potencial para fornecimento de proteína a baixo custo, pode atuar no condicionamento do solo através da adubação verde, favorecida pela associação simbiótica com bactérias diazotróficas eficientes. E com a limitação da oferta de sementes no mercado, o pequeno produtor poderá ter opções de aumento de renda não só com a venda de vagens verdes e grãos secos, mas também com a produção de sementes para o próximo cultivo (KLOEPPER et al., 1992; THAM et al., 1998; SETCHELL & CASSIDY, 1999; GENOVESE & LAJOLO, 2001; FREIRE FILHO et al., 2000; SOARES et al., 2006; SAKAI, 2007; LIMA, 2009).

Estudos objetivando a exploração das aptidões de determinado vegetal, principalmente as ligadas à alimentação, condicionamento e ciclagem de nutrientes do solo, com vista no melhor aproveitamento destes tornam-se importantes nos diferentes sistemas produtivos, uma

vez que a agricultura atual visa a sustentabilidade e a viabilidade de utilização dos recursos disponíveis buscando o equilíbrio entre o meio ambiente e a economia.

2.2. Feijão-Caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa originária do continente africano, e foi introduzido no Brasil no século XVI pelos colonizadores portugueses. É muito utilizado nas Regiões Norte e Nordeste, onde representa uma cultura de subsistência, por ser a principal fonte de proteína vegetal, além de se constituir em uma das principais alternativas sociais e econômicas para as populações rurais, como fixadora de mão-de-obra (FREIRE FILHO, 1988; PINHO et al, 2005, FREIRE FILHO et al., 2005; ZILLI et al., 2006; DAMASCENO-SILVA, 2009).

Leguminosa cujos grãos possuem alto valor alimentar é considerado fonte de proteína vegetal, ferro e zinco, constituindo-se em importante componente da dieta alimentar das populações de menor poder aquisitivo. É uma das espécies de feijão com maior teor de proteínas, possuindo também carboidratos, vitaminas, aminoácidos e minerais essenciais ao organismo humano, além de grande quantidade de fibras dietéticas. Revela-se como alternativa promissora para a produção de proteína a baixo custo e em menos de 80 dias de cultivo (GRANGEIRO et al., 2005; FILGUEIRAS et al., 2009; SINIMBU, 2011).

O feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes, para consumo humano, na forma de conserva ou desidratado. Caules e ramos são utilizados como forragem verde, feno e farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo. O seu uso como fonte de matéria orgânica na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade, ou esgotados pelo uso intensivo é favorecido por sua rusticidade, que lhe confere também capacidade de adaptação a solos de baixa fertilidade (OLIVEIRA & CARVALHO, 1988; PEREIRA et al., 1992; SILVA & OLIVEIRA, 1993; ANDRADE JÚNIOR et al., 2003; XAVIER et al., 2008).

As características de rusticidade e precocidade também permitem que o feijão-caupi se adapte bem a uma ampla faixa de clima e solo, podendo ser cultivado em diferentes condições climáticas do Brasil. Além disso, está se expandindo para a região Centro-Oeste onde, devido ao uso de cultivares melhoradas e tecnologias que propiciam a expressão do potencial produtivo da cultura, e assim tem-se obtido aumento na produtividade (DANTAS et al., 2002; DAMASCENO-SILVA, 2009).

Genótipos de feijão-caupi também são tradicionalmente cultivados na região Sudeste. Provêm de sementes introduzidas anos atrás junto a imigrações de nordestinos e são localmente conhecidos como Mauá, Costelão, Piabetá e Feijão-de-Corda. Em Poços-de-Caldas (MG) a Epamig lançou a cultivar Fradinho, bastante difundido no mercado, sendo consumido como salada. Pequenos produtores do estado do Rio de Janeiro, principalmente nos municípios de Cachoeiras de Macacu, Magé, São Francisco de Itabapoana, São João da Barra e Cardoso Moreira usam a cultivar Mauá com potencial para adubação verde (DANTAS et al., 2002; PINHO et al, 2005; GUEDES, 2008; CECCON & MATOSO, 2010; ALCANTARA, 2011; NOSOLINE et al., 2011).

Nos sistemas de produção, o feijão-caupi pode estar consorciado com outras culturas ou não, sendo os tratamentos culturais realizados manualmente ou mecanicamente, predominando-se, porém, os sistemas nos quais parte dos trabalhos é realizada mecanicamente, como o preparo do solo e a debulha dos grãos, e as demais etapas manualmente. Contudo, o uso de equipamentos como plantadeiras, pulverizadores, ceifadores e colhedoras vem aumentando, principalmente entre médios e grandes produtores das regiões Centro-oeste e amazônica (FREIRE FILHO et al., 2007; CRAVO & SOUZA, 2007; DAMASCENO-SILVA, 2009).

Na região Nordeste do Brasil, o cultivo de feijão-caupi quase sempre está associado ao sistema de produção de subsistência, em sequeiro e consórcio, com cultivos de milho e

mandioca obtendo-se uma produtividade média variando de 317 a 700 kg ha⁻¹, com aproximadamente 1,9 milhões de hectares plantados. Na região Norte estima-se uma área plantada de 151,05 mil hectares e a produtividade média pode atingir 1000 kg ha⁻¹. Já na região Centro-Oeste, especialmente no estado de Mato Grosso, a cultura está conquistando espaço em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado, sendo cultivado em grandes áreas, safrinha, onde as produtividades podem ultrapassar 1.000 kg ha⁻¹. Na Região Sudeste geralmente, o feijão-caupi é semeado em sucessão a culturas tradicionais e mais exigentes, como as do quiabeiro e do milho, buscando aproveitar o efeito residual das adubações e podendo atingir de 300 a 1400 kg ha⁻¹ de vagens verdes, em consórcio ou solteiro, respectivamente (PINHO et al., 2005; GUEDES, 2008; DAMASCENO-SILVA, 2009; FILGUEIRAS et al., 2009; CECCON & MATOSO, 2010).

Essa variação na produtividade do feijão-caupi observada nas regiões produtoras, além do sistema de manejo, é também influenciada pela elevada variabilidade genética da planta, classificada desde ciclo superprecoce a tardio, sendo a maturidade fisiológica dos grãos alcançada até 60 e a partir de 91 dias após a semeadura, respectivamente (FREIRE FILHO et al., 2005). De acordo com PINHO et al., (2005), elevados Índices de Colheita estão relacionados com cultivares de ciclo curto e crescimento determinado, que mantêm um Índice de Área Foliar (LAI) entre 1 e 2 por um longo período após o florescimento. Segundo os autores, as cultivares de ciclo longo e crescimento indeterminado geralmente apresentam baixas produtividades.

Apesar das diferentes respostas na produtividade, de um modo geral, um hectare de feijão-caupi gera de um a 1,5 empregos no campo ano⁻¹. Considerando-se a área plantada de 1,5 milhões de hectares e a produção anual de 482 mil toneladas, a cultura emprega, de forma direta e indireta, um número apreciável de trabalhadores, fazendo com que ele desempenhe função de destaque sócio-econômico nos municípios produtores (FREIRE FILHO et al., 1999; RIBEIRO, 2002; CRAVO & SOUZA, 2007; DAMASCENO-SILVA, 2009).

2.2.1. Feijão-caupi para produção de grãos

O uso do feijão-caupi para produção de grãos tem aumentado nos últimos anos devido ao consumo na forma de grãos secos, vagens ou grãos verdes como hortaliça em várias regiões do país, tornando-se excelente alternativa de comercialização para os agricultores. Para obtenção do “feijão-verde”, as vagens são colhidas quando os grãos se apresentam ainda tenros, esverdeados, porém perfeitamente formados, geralmente aos 50-60 dias da semeadura. Ao contrário, colhem-se grãos secos aos 70-90 dias da semeadura, antes que ocorra a abertura das vagens (OLIVEIRA et al., 2001; FILGUEIRA, 2003; NASCIMENTO et al., 2004).

Existe uma grande variedade de tipos de grãos em feijão-caupi, divididos nas classes Branco (Branca, Brancão, Fradinho), Preto e Cores (Mulato, Canapu, Sempre-verde, Vinagre, Corujinha, Azulão, Manteiga, Verde e Rajada), entretanto, os de maior valor comercial no mercado interno brasileiro são os tipos brancão, branco, sempre verde e canapu. Já no mercado internacional, a preferência é pelo feijão-fradinho (FREIRE FILHO et al., 2000; FREIRE FILHO et al., 2005).

O Brasil é o terceiro produtor mundial de feijão-caupi, com uma produção anual de aproximadamente de 482 mil toneladas. Apesar disso, tem-se observado uma demanda de consumo maior que a produção nacional sendo necessário a expansão das áreas produtoras e desenvolvimento de tecnologias que maximizem a produtividade das cultivares utilizadas (FREIRE FILHO et al., 2005; FILGUEIRAS et al., 2009).

A produtividade média nacional da cultura varia entorno de 300 a 1000 kg. ha⁻¹. Esses valores são considerados abaixo da capacidade produtiva da cultura, que pode chegar até 6 t. ha⁻¹. Além disso, essa produtividade não reflete o potencial genético das cultivares utilizadas,

sendo decorrente, principalmente, dos sistemas de produção adotados, caracterizados por baixo aporte tecnológico e falta de manejo de solo, pragas e de doenças (FREIRE FILHO et al., 1998; FREIRE FILHO et al., 1999; FREIRE FILHO et al., 2005; EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 2008, FILGUEIRAS et al., 2009).

Dentre os fatores que afetam a produtividade do feijão-caupi podem ser citados o manejo da fertilidade do solo, mais especificamente, P, K e teores de Mo e Ca, o espaçamento e densidade utilizados e o déficit hídrico. O Mo é necessário para a manutenção da atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, relacionadas ao aproveitamento do N, e que irão influenciar a nodulação e a FBN. Já o Ca é um macronutriente importante para a evolução dos pontos de crescimento da planta e também das raízes. O fósforo é elemento importante no processo de formação de grãos, sendo as recomendações de seu fornecimento à cultura na faixa de 50 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O potássio é o nutriente extraído e exportado em maiores quantidades, por estar ligado ao fornecimento de fotossintatos da planta para a bactéria, podendo seu emprego aumentar o rendimento do feijão-caupi (DUKE & COLLINS, 1985; OLIVEIRA et al., 2001; MELO et al., 2005; UCHÔA et al., 2009).

LEITE et al. (2009) avaliando a nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi (cultivar BRS Guariba) em resposta ao molibdênio, obtiveram um valor máximo estimado para a produtividade de grãos de 799 kg ha⁻¹ com a aplicação de uma dose de 63 g ha⁻¹ de Mo, indicando que a inoculação do feijão-caupi associada à adubação com Mo favorece o aumento na eficiência dos nódulos, acúmulo de N e a produtividade de grãos da cultura.

Numa avaliação sobre o rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi (cultivar Pitiuba) em função de doses de potássio, OLIVEIRA et al. (2009) constataram um aumento no rendimento do feijão-caupi com o emprego deste nutriente, sendo a cultura exigente em quantidades diferentes de K₂O para produção de vagens, grãos verdes e grãos secos, 210, 151 e 170 kg ha⁻¹, respectivamente.

Em relação ao espaçamento, CARDOSO & RIBEIRO (2006) avaliando o desempenho agrônomo da cv. Rouxinol, de porte semi-ereto, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas, constataram que o espaçamento de 50 cm entre linhas apresentou, em média, produção relativa de grãos superior em 2,9% e 7,8% às dos espaçamentos de 70 cm e 90 cm, respectivamente. Da mesma forma, o número de vagens e a produção de grãos por planta decresceram com o aumento da densidade de plantas de feijão-caupi, mostrando que para cada aumento de uma planta por metro quadrado de feijão-caupi houve uma diminuição de 0,825 vagem e 1,975 g de grãos por planta.

Os níveis de deficiência hídrica no solo também influenciam significativamente no desempenho do crescimento de plantas e de produção de feijão-caupi, havendo reduções significativas no número de vagens por planta com o aumento do estresse hídrico (LIMA, 1996; NASCIMENTO et al., 2004).

Nesse contexto, o manejo adequado da cultura é essencial no estabelecimento do equilíbrio entre os fatores de produção, possibilitando a obtenção de uma ótima produtividade de grãos. E para tal, vislumbra-se a possibilidade de exploração da fixação biológica de nitrogênio (FBN) através da adoção da prática de inoculação das sementes com estirpes eficientes de bactérias do grupo rizóbio (CARDOSO & RIBEIRO, 2006; ZILLI et al., 2008; MELO & ZILLI, 2009).

Pesquisas têm demonstrado incrementos significativos na produtividade de cultivares de feijão-caupi inoculadas com as estirpes já recomendadas para a cultura e a estirpe BR 3299, em processo de recomendação. GUALTER et al. (2011) observaram, na região da Pré-Amazônia Maranhense, que as estirpes, BR3262, INPA 03-11B e BR3299 promoveram incrementos de 171, 354 e 500% respectivamente, na produtividade de grãos de caupi, em comparação ao controle absoluto. SOARES et al. (2006) constataram que inoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* sp. UFLA 03-84 e INPA 03-11B, em Perdões-MG, promoveu

rendimentos de grãos semelhantes aos da testemunha nitrogenada, que recebeu uma adubação mineral de 70 kg ha⁻¹ de N-uréia. Já os resultados obtidos por ZILLI et al. (2009a) em Roraima indicam que as estirpes recomendadas e a BR3299, proporcionaram rendimento de grãos da cultura do feijão-caupi semelhantemente à dose de 80 kg ha⁻¹ de N dividido em duas aplicações. Esse efeito positivo da inoculação do feijão-caupi, em diferentes regiões edafoclimáticas, mostra-se viável para o aumento da produção de grãos da cultura e capaz de substituir a adubação nitrogenada (FRANCO et al., 2002).

2.2.2. Feijão-caupi para adubação verde

Segundo CHAVES (1986), a adubação verde consiste na prática de se incorporar ao solo massa vegetal não decomposta, de plantas cultivadas no local ou importadas, com a finalidade de preservar e/ou restaurar a produtividade das terras agricultáveis. Corroborando com este, COSTA (1993) a define como sendo o uso de plantas em rotação ou consórcio com culturas de interesse econômico, tendo seus resíduos incorporados ao solo ou mantidos na superfície.

Esta prática vem sendo utilizada para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos através da incorporação de matéria orgânica (BERTONI et al., 1972) e ciclagem de nutrientes das camadas profundas do solo para a superfície, em formas assimiláveis pelas plantas cultivadas. Ela promove a recuperação da fertilidade, a disponibilização de nitrogênio para as plantas e minimiza a degradação dos solos, em termos de sua agregação e estruturação, ocasionada pelo manejo inadequado (CREWS e PEOPLES, 2004).

Os adubos verdes ao absorverem os nutrientes do solo contribuem para a diminuição das perdas por lixiviação (KIEHL, 1985). Pode-se citar também, como um dos benéficos, o controle das plantas invasoras (ESPINDOLA et al., 2005).

O comportamento das espécies é caracterizado, em potencial, quanto à capacidade de produzir biomassa vegetal, a qualidade desse material, a velocidade com que os nutrientes estarão liberados no sistema e a capacidade de rebrota após o corte. A espécie que apresentar um bom crescimento vegetativo, com material rico em nutrientes, sistema radicular profundo e capacidade de associar-se a fungos micorrízicos e/ou bactérias diazotróficas será considerada eficiente para este fim, mesmo sabendo-se da variabilidade da velocidade de decomposição dos resíduos (KRAINOVIC, 2008).

Plantas de várias famílias botânicas podem ser utilizadas como adubos verdes, porém, nota-se, maior uso das leguminosas, por: serem encontradas em grande diversidade de climas; serem plantas ricas em nitrogênio (devido à capacidade de simbiose com bactérias diazotróficas) e por possuírem raízes bem ramificadas e profundas (MYIAZAKA, 1984; KIEHL, 1985).

O uso de espécies de leguminosas, capazes de realizar a FBN eficientemente, para essa finalidade, pode representar contribuições consideráveis na viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção, por reduzir a necessidade da aplicação de N sintético. Elas contêm, normalmente, em seus tecidos de 2,0 a 2,8% de nitrogênio no período de floração. Considerando a produção em torno de 10 toneladas de matéria seca por hectare significaria uma contribuição em nitrogênio da ordem de 280 kg ha⁻¹ano⁻¹, com 60 a 80% provenientes da FBN (BODDEY et al., 1997; URQUIAGA & ZAPATA, 2000; BRATTI et al., 2005; GUEDES, 2008).

Além da importância alimentar, o feijão-caupi tem alto potencial para adubação verde, por apresentar algumas das características desejáveis para um bom adubo verde, tais como: rápido crescimento inicial, elevado potencial de Fixação biológica do N₂, produção de

biomassa e acúmulo de N na parte aérea, adaptação local e possibilidade de uso para alimentação animal (ALMEIDA, 2007).

Considerado uma opção de fonte de matéria orgânica, o feijão-caupi produz elevada quantidade de biomassa, contribuindo com um aporte de nitrogênio de até 90 kg N ha⁻¹, o que associado à exploração da FBN e a eficiência nesse processo o permite ser introduzido em solos com baixos teores de matéria orgânica (CASTRO et al., 2004; ZILLI et al., 2008).

Tem-se observado incrementos na massa da parte aérea seca de cultivares de feijão-caupi quando inoculadas com as estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. GUALTER, (2010) avaliando o efeito da inoculação com diferentes estirpes de rizóbio na nodulação, fixação biológica de nitrogênio e na produtividade em feijão-caupi, observou que a estirpe BR3299 proporcionou um aumento de 174% a 269 % em comparação ao controle absoluto. Nesse mesmo estudo notou-se altas correlações entre a massa da parte aérea seca e o acúmulo de N na parte aérea, indicando que a produção de massa seca de parte aérea influenciou no maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta, ou seja, quanto maior a eficiência da estirpe, maior a quantidade de N presente na planta.

CHAGAS JUNIOR et al.(2010), avaliando a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO, observaram que parte delas contribui com produção de biomassa equivalente a 90%, ou mais, da biomassa produzida pelo tratamento com N mineral (50 kg ha⁻¹). Os autores também concluíram que o potencial em fixar nitrogênio das estirpes recomendadas foi de fundamental importância para a produção de biomassa, o que pode estar relacionado com a efetiva capacidade de fornecimento de nitrogênio pelas mesmas, demonstrado pela correlação positiva encontrada entre a eficiência relativa e a produção de massa seca da parte aérea das cultivares utilizadas.

O aumento da parte aérea proporcionado pela FBN representa uma reserva de nutrientes, que poderão ser liberados e fornecidos à cultura subsequente com a incorporação e decomposição da biomassa ao solo. Dessa forma, o uso do feijão-caupi como adubo verde, além de alternativa à diminuição dos custos de produção, contribuirá para redução do uso de fertilizantes minerais (FREITAS et al., 2008).

2.3. Fixação Biológica de Nitrogênio em Feijão-Caupi

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é um processo chave e crítico do manejo sustentável dos solos tropicais, onde o nitrogênio, nutriente que frequentemente limita a produção, pode ser suprido total ou parcialmente, favorecendo o desenvolvimento das plantas cultivadas. Por contribuir com a redução do uso de fertilizantes nitrogenados, esse processo vem sendo pesquisado e adotado em vários sistemas produtivos (SMYTH et al., 1991; FRANCO & DÖBEREINER, 1994; HUNGRIA & VARGAS, 2000).

A FBN é desenvolvida por organismos procariotos, denominados diazotróficos, que apresentam complexo enzimático (nitrogenase) capaz de reduzir o N₂ atmosférico numa forma assimilável pelos vegetais: NH₃ ou aminoácidos (FREIRE, 1992; VESSEY et al.,2004; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; CASSINI & FRANCO, 2006). É considerada, após a fotossíntese, a mais importante atividade nos sistemas biológicos (UNKOVICH et al., 2008).

Em leguminosas, a bactéria diazotrófica se estabelece no córtex da raiz ou nos sítios de nodulação do caule e os flavonóides produzidos pela planta induzem a transcrição dos genes *nod* bacteriano, desencadeando uma série de processos que levam à formação de nódulos e à fixação biológica. Os bacteróides obtêm fontes de carbono sintetizados pela planta na fotossíntese, e por sua vez, fixam o N₂ atmosférico, transformando-o em amônia que será utilizada pelas plantas e incorporada em compostos orgânicos (TSIEN et al., 1983; KHIEL, 1985; FREIRE, 1992; MOAT & FOSTER, 1996; CARDOSO & NOGUEIRA, 2007).

Vários fatores, porém, podem interferir na simbiose Rizóbio x Leguminosas, sendo classificados em químicos, biológicos e físicos, e que irão limitar o estabelecimento,

desenvolvimento e funcionamento desta (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Entre eles: o baixo pH do solo (GILLER & WILSON, 1993), umidade do solo (SPRENT, 1971) e elevados níveis de nitrogênio no solo (HUNGRIA, 1994). Podem também ser citados a competição com as bactérias nativas do solo e inibição por antibióticos produzidos por outros microrganismos do solo. De acordo com SOARES et al. (2006), o sucesso na simbiose também depende de fatores relacionados à planta e à estirpe, bem como pela interação entre estes, tornando-se importantes estudos e seleção de estirpes eficientes nesse processo.

A inoculação de sementes de feijão-caupi com estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* eficientes é um incremento significativo na taxa de FBN e produtividade da cultura, o que associado à sua alta tolerância à estresse hídrico, térmico e salino contribui para diminuição dos custos de produção e elevar a renda do produtor rural (NEVES et al., 1982; MARTINS et al., 1997; FREIRE FILHO et al., 2003; SOARES et al., 2006).

Há duas décadas o processo de FBN era pouco explorado no cultivo do feijão-caupi no país, podendo-se citar como principais razões: o baixo aporte tecnológico dos principais produtores, a falta de respostas positivas dos inoculantes disponíveis no mercado e a baixa especificidade de nodulação apresentada pela cultura. Porém pesquisas visando a otimização da interação da cultura com bactérias diazotróficas, seleção de novas estirpes e substituição da estirpe antes recomendada (BR 2001) por estirpes de maior eficiência agrônômica, contribuíram para a mudança desse cenário, através da expansão das áreas produtoras e desenvolvimento de tecnologias que maximizem a produtividade das cultivares utilizadas (MARTINS, 1996; EHLERS & HALL, 1997 ; NEVES et al., 1998; MARTINS et al., 2003; FREIRE FILHO et al., 2003; LACERDA et al., 2004; RUMJANEK et al., 2005; MOREIRA, 2005; ZILLI et al., 2008; ZILLI et al., 2009b).

Quatro estirpes de *Bradyrhizobium* são recomendadas atualmente pelo MAPA (MAPA, 2006) para inoculação do feijão-caupi: SEMIA 6461 (UFLA 3-84 = BR3302), SEMIA 6462 (=BR3267), SEMIA 6463 (INPA 03-11B =BR 3301) e SEMIA 6464 (=BR3262), isoladas de solos de Rondônia, semi-árido Pernambucano, Amazonas e Rio de Janeiro, respectivamente (ZILLI et al., 2009b).

Trabalhos objetivando avaliar a contribuição da FBN promovida por essas estirpes na nodulação, desenvolvimento das plantas e rendimento de grãos do feijão-caupi têm demonstrado resultados superiores ou iguais à adubação nitrogenada, com aumento de 30% a 45% na produtividade de grãos (RUMJANEK et al., 2005; ZILLI et al., 2008; ZILLI et al., 2009a; GUALTER, 2010).

Contudo, estudos regionais envolvendo associações do feijão-caupi com estirpes eficientes tornam-se cada vez mais importantes uma vez que tem-se observado respostas variáveis na produtividade e acúmulo de N da cultura de acordo com as condições edafoclimáticas. Da mesma forma o desenvolvimento de novos veículos de inoculação para a substituição do veículo atual (turfa), além de alternativa ecológica poderá proporcionar redução de gastos e maior sustentabilidade da produção para a cultura (RUMJANEK et al., 2005; MELO & ZILLI, 2009; FERNANDES JÚNIOR et al., 2009).

2.4. Consórcio entre Estirpes Bacterianas

A tendência promissora no campo da tecnologia de inoculação tem estimulado pesquisas para desenvolvimento de novos produtos e melhoria na formulação. Nestas, tem-se evidenciado que a combinação de microrganismos que interagem sinergicamente melhora alguns aspectos benéficos da fisiologia de ambos, aumentando assim, a eficiência da inoculação, além de promover maior desenvolvimento dos vegetais a eles associados (BASHAN, 1998).

FROMMEL et al. (1991) estudando a estimulação do crescimento e controle biológico da murcha de *Fusarium* através da co-inoculação de sementes de tomate com *Pseudomonas* e

Serratia, concluíram que a mistura de microrganismos tem se mostrado mais eficiente do que o uso de inoculantes com uma única estirpe.

A co-inoculação também tem demonstrado que esse sinergismo microbiano, frequentemente, favorece maior crescimento e produtividade vegetal, em comparação à inoculação individual (HOLGUIN & BASHAN, 1996). Um exemplo disso é o favorecimento de condições mais adequadas para fixação de nitrogênio, através do fornecimento de nutrientes, remoção de produtos inibitórios e estímulo das atividades físicas ou bioquímicas (BASHAN, 1998).

De acordo com SILVA JUNIOR et al. (2010), o consórcio de estirpes bacterianas apresenta-se como uma alternativa promissora no processo de FBN uma vez que nele há rizóbios com características distintas, o que aumenta a probabilidade de ao menos uma estirpe ocupar os sítios de nodulação da planta hospedeira, em detrimento dos isolados de rizóbio nativos do solo.

Em soja, estudos de avaliação da competitividade e a eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium*, observaram que a co-inoculação de estirpes de *B. japonicum*/*B. elkanii* e de células de *Bacillus subtilis* ou seus metabólitos brutos ou formulados, proporcionou incrementos na nodulação, ocupação dos nódulos pelas estirpes de *Bradyrhizobium*, acúmulo de N total na parte aérea e no rendimento da soja, em relação à testemunha não-inoculada (ARAÚJO & HUNGRIA, 1999; ARAÚJO et al., 2005). Atualmente, no Brasil, quatro estirpes são recomendadas pelo MAPA, de forma conjunta, para produção de inoculantes para a cultura sendo elas: SEMIA 587, SEMIA 5019 de *B. elkanii* e SEMIA 5079, SEMIA 5080 *B. japonicum*.

Numa pesquisa sobre os efeitos da inoculação de diferentes espécies de bactérias diazotróficas endofíticas, isoladas e em mistura, em plantas de cana-de-açúcar, foi observado que a combinação de cinco espécies de bactérias (*Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum seropedicae*, *Herbaspirillum rubrisubalbicans*, *Azospirillum amazonense* e *Burkholderia sp*) contribuiu com aumento significativo no acúmulo de massa fresca de colmos das plantas. Em contrapartida, a inoculação individual de *Gluconacetobacter diazotrophicus* promoveu um efeito negativo no acúmulo de massa fresca de colmos quando comparado com o controle não inoculado (OLIVEIRA et al., 2002).

Num experimento em vasos com solo, para avaliação do acúmulo de nitrogênio nos tecidos de cana-de-açúcar foi observado, após 180 dias de crescimento, que as plantas inoculadas com a mistura das estirpes PAL5 x HCC103 e das estirpes individualizadas HRC54, Z94 e CBAmC apresentaram um maior teor de nitrogênio. Por outro lado, em experimentos em vasos Leonard, a inoculação da mistura PAL5 x HCC103 e da estirpe HRC53 promoveu um efeito negativo sobre o volume radicular. E a inoculação com a mistura PAL5 x HRC54 afetou negativamente tanto o volume radicular como o desenvolvimento das plantas (CANUTO et al., 2003).

SARAIVA et al. (2008) estudando a nodulação e produção do feijão-caupi sob efeito de plantas de cobertura e inoculação observaram que a população nativa de solos do sertão nordestino é tão eficiente na nodulação e produção de matéria seca da parte aérea quanto a mistura de estirpes da UFRPE – NFB 6156 + NFB 700 e das – BR 3301 + BR 3302. Porém SILVA JUNIOR et al. (2010), num estudo mais recentes demonstrou que consórcios entre as estirpes recomendadas para a cultura, incluindo as BR 3301 + BR 3302, apresentam uma eficiência superior às testemunhas absoluta e nitrogenada tanto em relação à fixação biológica de nitrogênio, como na promoção do desenvolvimento vegetativo das plantas.

Essas variações nas respostas obtidas nos consórcios de estirpes bacterianas reforçam a importância de pesquisa e ensaios para produção de inoculantes mistos, tendo em vista que eles apresentam-se como uma alternativa para maior sucesso da tecnologia de inoculação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e Descrição da Área Experimental

O trabalho foi realizado no município de Seropédica (RJ), em áreas do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia (Terraço), localizado a uma latitude 22°45' sul e a uma longitude 43°41' oeste, estando a uma altitude de 33 metros, situando-se a 68 quilômetros de distância da capital do estado.

O clima local é do tipo A_w , segundo Köppen (1936), com verões chuvosos e invernos secos. As médias da temperatura e da precipitação dos últimos dez anos são respectivamente 25,2 °C e 1.279,91 mm (Estação Meteorológica Ecologia Agrícola INMET-MAPA). A estação chuvosa inicia-se em setembro, estendendo-se até março. Nesse período a temperatura do ar alcança valores elevados, podendo atingir 40 °C à sombra com relativa frequência. A partir de maio a taxa de precipitação pluviométrica diminui de forma acentuada, alcançando valores mínimos nos meses de julho e agosto (LIMA, 2009).

Para a avaliação do desenvolvimento das cultivares de feijão-caupi, foram escolhidas três áreas experimentais e três épocas de cultivo: março-maio, junho-setembro e setembro-dezembro, de acordo com a Figura 1.

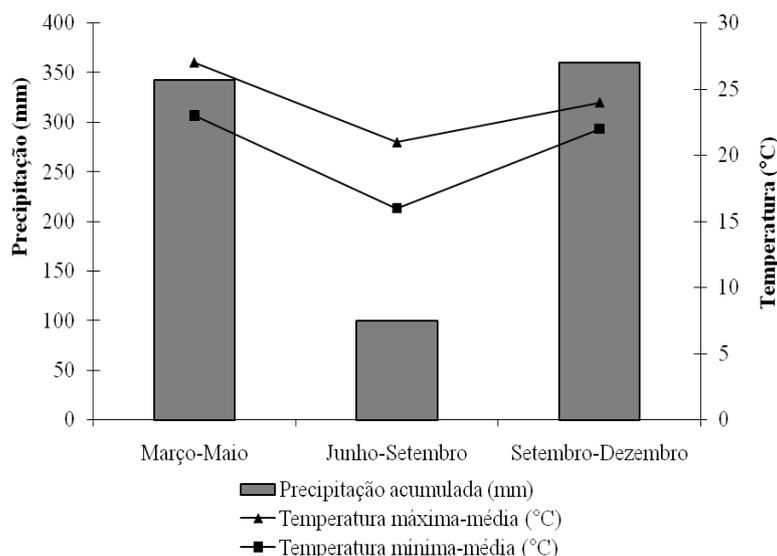


Figura 1 - Dados climáticos referentes às épocas de cultivo (Dados do Posto Agrometeorológico da Estação Ecologia Agrícola (83741), localizado no município de Seropédica (PESAGRO- RIO/INMET), Seropédica-RJ, 2011).

3.2. Histórico das Áreas

O primeiro experimento foi instalado no período de março a maio de 2011, numa área em pousio, anteriormente plantada com milho. O solo local foi classificado como Planossolo Háplico e apresenta as características químicas apresentadas na Tabela 1, determinadas com base em análises de amostras de terra realizadas de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997). O preparo do solo consistiu numa aração e duas gradagens leves, sendo a primeira logo após a aração e a segunda dois dias antes da semeadura. Em seguida, com base na análise de solo e devido ao baixo teor dos macronutrientes, realizou-se uma adubação

mineral com P e K para garantir melhor adaptação e desenvolvimento da cultura. Foram aplicados, em toda área experimental, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Como fontes desses nutrientes utilizou-se o Termofosfato Yoorin Master e o Sulfato de potássio. Não foi necessário a aplicação de corretivo de acidez uma vez que o termofosfato também fornece Ca, Mg e micronutrientes.

O segundo experimento foi instalado em área anteriormente plantada com trigo, no período de junho a setembro de 2011. O solo local foi classificado como Planossolo Háplico e contém as seguintes características químicas realizadas de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997), constando os resultados na Tabela 1. O preparo do solo e a adubação mineral foram realizados como descrito no primeiro experimento devido à semelhança nas características químicas do solo.

O terceiro experimento foi instalado no período de setembro a dezembro de 2011, em área anteriormente plantada com sorgo consorciado com crotalária. O solo local foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, cuja análise química de amostras de terra constam na Tabela 1. O preparo do solo foi realizado como descrito no primeiro experimento. Em seguida, o solo recebeu adubação mineral com P e K, utilizando-se 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de Termofosfato, e 20 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de Sulfato de potássio.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo de três áreas antes da implantação dos experimentos nas diferentes épocas de cultivo.

Épocas de cultivo	pH	Al ⁺³	Ca ⁺²		Mg ⁺²	P	K ⁺	N
			cmolc/dm ³					
Março-maio	5,82	0,04	0,93	0,34	12,18	28,00	0,30	
Junho-setembro	5,65	0,05	1,27	0,34	9,13	24,5	0,55	
Setembro-dezembro	5,65	0,11	1,38	0,63	4,85	70,00	0,85	

3.3. Preparo do Inoculante

Como veículo de inoculação foi utilizado a mistura polimérica IPC 2.2 a base de carboxymethyl cellulose (CMC) e amido, desenvolvida através de uma parceria entre grupos de pesquisa da UFRRJ e da Embrapa Agrobiologia. A capacidade desta atuar como veículo de inoculação de rizóbio em feijão-caupi, comparativamente ao veículo de inoculação sólido mais utilizado no Brasil, a turfa, foi previamente avaliada em experimentos em condições de casa de vegetação por FERNANDES JÚNIOR et al. (2009) e SILVA JUNIOR et al. (2010).

As estirpes (Tabela 2), obtidas a partir da coleção de cultura diazotróficas da Embrapa Agrobiologia, foram repicadas para placas de petri contendo o meio 79, também conhecido como YMA (Vincent, 1970), com o indicador Azul de Bromotimol (0,5% em 0,2N de KOH: 5 ml) e pH 6,8 (FRED & WAKSMAN, 1928) e incubadas a 28 °C em BOD. Após o crescimento em placa, as estirpes foram inoculadas em meio YMA líquido com o mesmo indicador e incubadas a 28 °C sob agitação (150 rpm). Posteriormente, realizou-se a pré-inoculação da suspensão bacteriana na mistura de base polimérica, sendo cada estirpe misturada na fase logarítmica final de crescimento, numa proporção 1:3, uma parte de suspensão bacteriana para três da mistura polimérica, apresentando densidade de células do inoculante 1,0×10⁹ unidades formadoras de colônia (UFC) por grama de inoculante. Em seguida, os inoculantes foram acondicionados em geladeira, sendo realizada diariamente a homogeneização do material. A estabilização das bactérias no polímero ocorre sete dias após a pré-inoculação (FERNANDES JÚNIOR et al., 2009).

Tabela 2 - Identificação e características das estirpes de rizóbio.

Estirpe	Característica cultural					Local de Origem e Referência
	TC ⁽¹⁾	D ⁽²⁾	pH ⁽³⁾	COR ⁽⁴⁾	PC ⁽⁵⁾	
BR 3262	5	1	Alcalino	Branca	7	SIPA, Seropédica-RJ (ZILLI et al., 1999).
BR 3267	5	1-2	Ácido	Branca	5	Semi-Árido Nordestino (MARTINS et al., 1997).
INPA 03-11 B	7	1	Alcalino	Branca	7	Amazônia, Manaus-AM (MOREIRA, 2005).
UFLA 03-84	6	1-2	Alcalino	Branca	7	Amazônia, Jí-Paraná-RO (LACERDA et al., 2004).
BR 3299	3	<0,5	Alcalino	Amarela	3	Zona da Mata, Aracaju-SE (MARTINS, 1996).

⁽¹⁾ Tempo em dias de crescimento de colônias isoladas. ⁽²⁾ Diâmetro da colônia (mm). ⁽³⁾ Alteração do pH meio de cultivo.

⁽⁴⁾ Coloração das colônias. ⁽⁵⁾ Pico de crescimento em dias. (Fonte: Adaptado de GUALTER, 2010).

3.4. Procedimentos Experimentais e Tratamentos

Nos três experimentos foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 2x5, duas cultivares de feijão-caupi e cinco tratamentos. A parcela experimental correspondeu a 24 m², com oito fileiras de 6m de comprimento, tendo como área útil as seis fileiras centrais, destinando-se 1m nas cabeceiras e duas fileiras nas laterais como bordadura. Os tratamentos utilizados para cada cultivar de feijão-caupi (Figura 2) foram inoculações com as estirpes BR3262 (=SEMIA 6464) e BR3267 (=SEMIA 6462) de forma individual, consórcio entre estirpes (BR3267, BR3262, INPA 03-11B (=SEMIA 6463), UFLA 3-84 (=SEMIA 6461) e BR3299), mais dois controles, sendo um com adubação nitrogenada (50 kg ha⁻¹ de N no plantio) e uma testemunha absoluta (sem adubação nitrogenada e sem inoculação).

O tratamento consórcio entre estirpes foi previamente definido em experimento de casa de vegetação, adotando-se a combinação das cinco estirpes, que proporcionou maiores teores de massa da parte aérea e teor de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi (SILVA JUNIOR et al., 2010).

As sementes foram inoculadas um dia antes do plantio, sendo utilizada a dosagem de 100 g de inoculante para 15 kg de semente (1:15). O plantio consistiu na distribuição manual das mesmas no espaçamento de 0,5 m entre linhas e 9 - 10 sementes por metro linear, totalizando uma população de aproximadamente 203333 plantas ha⁻¹. A densidade de células bacterianas por semente foi de 1,2x10⁶ UFC.

As cultivares utilizadas foram IPA 206 e Mauá (Tabela 3) com alta produção de grão e biomassa. Como tratamentos culturais foram realizadas capinas por tratamento até o feijão-caupi atingir um nível adequado de cobertura do solo. E devido às condições climáticas, com variações na ocorrência de precipitações, os experimentos foram conduzidos com irrigação suplementar, no sistema de aspersão com uma lâmina de água equivalente a 15 mm por irrigação, sendo a frequência variando de acordo com o período de cultivo.



Figura 2: Feijão-caupi: A) aos 35 DAE; B) aos 60 DAE.; C) Florescimento e D) Vagens verdes (Cv Mauá) . Campo experimental da Embrapa Agrobiologia (Terraço), Seropédica-RJ, 2011.

Tabela 3 - Características das cultivares de feijão-caupi IPA-206 e Mauá (IPA, 1990; GUEDES, 2008).

Caráter	Característica	
	IPA-206	Mauá
Hábito de crescimento	Indeterminado	Determinado
Porte	Semi-prostrado	Semi-ramador
Cor da flor	Roxa	Roxa
Comprimento da vagem	18 cm	20-25 cm
Nº de grãos por vagem	12	12
Forma da semente	Arredondada	Arredondada
Peso de 100 grãos	20 g	25-35 g
Classe comercial	Mulato	Corujinha
Nº de dias para floração	38-45 dias	40-50 dias
Ciclo	70 dias	85 dias

3.5. Coletas, Amostragem e Análises do Material Vegetal

A metodologia foi comum aos três experimentos, com três coletas: a primeira no início da floração para obtenção de nódulos, que foi variável neste estudo de acordo com o período de cultivo, por volta de 35 a 50 dias após a emergência (DAE); a segunda, para obtenção de vagens verdes, variou de 60 a 90 DAE de acordo com o cultivo e com a maturação fisiológica das vagens; e a terceira para grãos secos ao final do ciclo, a partir de 70 a 90 DAE.

A amostragem na primeira coleta consistiu na coleta de cinco plantas na segunda linha de plantio em cada parcela. As plantas foram retiradas cuidadosamente do solo (com auxílio de enxada), cortadas na base do caule, separando-se a parte aérea das raízes. As raízes foram lavadas e os nódulos destacados e colocados para secar em estufas.

Na segunda e terceira coletas cada parcela foi dividida em duas áreas úteis de 4m², sendo a coleta de vagens verdes na primeira área útil e a coleta de grãos secos na segunda. Foi considerada como área útil as quatro linhas centrais de cada parcela. Devido a maturação fisiológica, foram realizadas sucessivas coletas de vagens verdes diariamente, estendendo-se a coleta por semanas. Após a coleta de vagens verdes, coletou-se também a biomassa verde total da área útil, que foi pesada e sub-amostras foram acondicionadas em sacos de papel e transferidas para estufa, para posterior determinação da biomassa seca e análise de N.

Para avaliação dos tratamentos, foram determinadas as seguintes variáveis:

- Massa de nódulos secos (MNS) – foi determinada pela pesagem dos nódulos após a secagem dos mesmos em estufa de circulação forçada de ar a 65-70 °C durante 72 h;
- Massa da parte aérea seca (MPAS) – a parte aérea (caule e folhas) fresca das plantas após separação da raiz foi colocada para secagem em estufa de circulação forçada de ar à 65-70 °C durante 72 h até atingir peso seco constante, quando foi pesada para determinação da massa seca;
- Acúmulo de N na parte aérea – calculado a partir do teor de N total analisado pelo método Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997) multiplicando-se pela MPAS que após a pesagem foi moída em moinho tipo Wiley (peneiras de 2,0 mm);
- Teor de N nos grãos verdes – depois de pesadas, as vagens verdes foram debulhadas e os grãos verdes levados à estufa e moidos como procedido com a parte aérea. O teor de N total foi analisado pelo método Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997)
- Produção de vagens verdes – determinado pela colheita e pesagem de vagens com aproximadamente 60 a 70% de umidade de uma área útil de 4 m² por parcela;
- Índice de colheita (IC) – determinado dividindo a produção de vagens verdes pela produção de fitomassa total acima do solo da área útil (4m²) de cada parcela.
- Rendimento de grãos secos – as vagens secas de uma área útil de 4 m² por parcela foram coletadas, secas ao ar livre, debulhadas e seus grãos e pesados para determinação do rendimento de grãos secos.

3.6. Análise Estatística

Para testar a normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros foram utilizados os testes de Lilliefors e de Cochran e Bartley, respectivamente, pelo software Saeg (SISTEMA..., 2005). Os dados avaliados para os diferentes tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade com o programa SISVAR (FERREIRA, 2003). Também foi realizada análise conjunta das variáveis de cada cultivar em relação às três épocas de cultivo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o programa SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Cultivo de Março-Maio

Neste estudo, aos 35 DAE, as estirpes de *Bradyrhizobium* sp. não induziram uma maior massa de nódulos secos nas cultivares utilizadas quando comparadas ao controle não inoculado (Tabela 4). Da mesma forma, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,1$) entre os tratamentos inoculados. ZILLI et al. (2009a) verificaram variações na resposta da contribuição dessas mesmas estirpes de rizóbio no desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima, não encontrando diferenças estatísticas na massa de nódulos no segundo ano de implantação experimental.

A massa de nódulos secos é uma variável empregada para avaliação da eficiência simbiótica de bactérias que nodulam leguminosas, fazendo parte do protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de estirpes no Brasil (MAPA, 2011). De acordo com DOBEREINER (1966), há uma correlação positiva entre essa variável e a quantidade de N acumulada em leguminosas, sugerindo que quanto maior a massa seca, maior fixação de N, e maior eficiência simbiótica.

A média de massa de nódulos para as cultivares IPA 206 e Mauá foi de 190 e 219 mg planta⁻¹, respectivamente. Esses valores estão de acordo com os encontrados por ALCANTARA (2011) numa avaliação de genótipos ancestrais de feijão-caupi em condições de campo, onde verificou-se valores médios de massa nodular entre 174,25 e 225,22 mg planta⁻¹ no início da floração e na fase de maturação das vagens, respectivamente.

A considerável nodulação apresentada pela testemunha absoluta além de indicar a alta capacidade de rizóbios estabelecidos no solo de nodularem plantas de feijão-caupi, reforça a ideia da promiscuidade observada na cultura, capaz de ser nodulada facilmente pelos rizóbios presente no solo (RUMJANEK et al., 2005; ZILLI et al., 2009b). De acordo com MOREIRA & SIQUEIRA (2006), estirpes nativas e ineficientes podem competir com as eficientes, introduzidas através da inoculação, por sítios de infecção na planta hospedeira, uma vez que numa mesma planta podem ocorrer nódulos formados por diferentes estirpes e até mesmo por diferentes espécies.

A variabilidade de resposta na nodulação entre cultivares é comum, uma vez que eficiência nodular e o sucesso simbiótico além das condições edafoclimáticas presentes, também dependem de fatores relacionados à cultivar e à estirpe, bem como pela interação entre estes (SOARES et al., 2006; XAVIER et al., 2006).

Tabela 4 - Massa de nódulos seca, massa da parte aérea seca e nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 35 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa de nódulos secos (mg planta ⁻¹)			Massa da parte aérea Seca (g planta ⁻¹)			Nitrogênio total acumulado (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	190Aa	243Aa	216 A	4,76Bb	7,71ABa	6,23B	165 Ab	299 ABa	232 AB
BR 3262	212Aa	198ABa	205 A	5,61ABa	6,38Ba	5,99B	206 Aa	247 ABa	226 AB
Consórcio de estirpes 50 kg de N ha ⁻¹	212Aa	240Aa	226 A	5,64ABa	5,73Ba	5,69B	201 Aa	199 Ba	200 B
Controle S/I	90Ba	148Ba	119 B	9,23Aa	10,66Aa	9,94A	277 Ab	374 Aa	325 A
Média	245Aa	268Aa	256 A	4,98Bb	7,51ABa	6,24B	189 Ab	298 Aa	243 AB
Média	190 b	219 a		6,04b	7,60a		208 b	283 a	
CV (%)		24,60			29,61			30,82	

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

O teste de média mostrou diferença significativo ($p < 0,1$) entre os tratamentos inoculados e o controle nitrogenado (50 kg ha^{-1} de N), apresentando, este último, menor valor de massa de nódulos secos nas duas cultivares. A baixa nodulação observada nesse tratamento evidencia o papel inibidor do N-mineral sobre a nodulação das leguminosas, que ocorre em resposta às demandas nutricionais da planta. Na presença de N-mineral, tais demandas são reduzidas, não havendo, portanto, estímulo à nodulação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

MELO & ZILLI (2009), num estudo realizado no cerrado de Roraima, revelaram uma redução de aproximadamente 40% na massa de nódulos, formadas espontaneamente em plantas de feijão-caupi, quando adubadas com 50 kg ha^{-1} de N na forma de uréia. De acordo com HUNGRIA (1994), sob alta disponibilidade de N-mineral no solo, há diminuição da exsudação dos flavonóides, o que leva à diminuição da nodulação. Porém segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2006), pequenas doses de N podem beneficiar a FBN, funcionando como dose de arranque em determinadas culturas, principalmente naquelas que têm nodulação tardia ou fixam N durante um curto período de seu ciclo, como o feijão. BRITO et al. (2011) constataram que a associação simbiótica em feijão comum necessita de uma dose de arranque (40 kg ha^{-1} de N) para a obtenção de produtividade economicamente aceitável.

Na variável massa da parte aérea seca o tratamento nitrogenado apresentou um incremento de 38%, 42%, 67% e 86% em relação aos tratamentos BR3267, controle absoluto, BR3262 e consórcio, respectivamente na cultivar Mauá. Não houve diferença significativa entre os tratamentos inoculados e o controle absoluto (Tabela 4) Resultados semelhantes foram obtidos por COSTA et al. (2011) avaliando a nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI.

A cultivar Mauá apresentou, aos 35 DAE, média geral de massa da parte aérea seca e N total acumulado superior em 36% à cultivar IPA 206 (Tabela 4). Já na coleta aos 60 DAE não se observou efeito significativo ($p > 0,1$) para essas variáveis entre as cultivares (Tabela 5). A massa da parte aérea seca e teor de N acumulado, em geral, são muito importantes para medir a eficiência do uso de feijão-caupi na adubação verde. De acordo com GUEDES (2008), o feijão-caupi se presta à adubação verde por possuir alta capacidade de cobertura do solo e por produzir considerável quantidade de biomassa com alto potencial de FBN.

Aos 35 DAE, os tratamentos tiveram efeito significativo no acúmulo de N apenas na cultivar Mauá, onde o tratamento consórcio apresentou menor N total acumulado na parte aérea seca, devido à menor produção de biomassa seca observada nesta cultivar. Já na análise aos 60 DAE as duas cultivares apresentaram acúmulos de N semelhantes em todos os tratamentos (Tabela 5). A quantidade de N acumulada na biomassa seca é muito importante na avaliação do desempenho das cultivares na adubação verde, uma vez que o nitrogênio oriundo da decomposição da matéria orgânica será utilizado no desenvolvimento da cultura sucessora.

Tabela 5 - Massa seca e teor de nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 60 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa da Parte aérea seca (g planta ⁻¹)			Nitrogênio total acumulado (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	17,24	15,79	16,51	390	357	373
BR 3262	16,73	13,84	15,28	339	285	312
Consórcio	11,16	13,23	12,19	228	286	257
50 kg de N ha ⁻¹	15,57	12,74	14,16	307	272	289
Controle (S/I)	19,42	11,75	15,59	371	258	315
Média	16,02	13,45		327	291	
CV (%)		55,67			59,35	

⁽¹⁾ Não houve diferença entre os tratamentos pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

Constatou-se incremento de biomassa seca da parte aérea, principalmente na cultivar IPA 206, entre as duas coletas. ALCANTARA (2011) avaliando a interação simbiótica entre genótipos ancestrais de feijão-caupi e a estirpe BR3267 em condições de campo em Teresina-PI, observou que ao longo do ciclo fenológico ocorre um incremento gradativo da massa seca da parte aérea de 88% entre a fase de desenvolvimento vegetativo e o início da floração e um decréscimo de 66% entre o início da floração e a fase de maturação das vagens.

A falta de diferença entre a testemunha absoluta e os tratamentos inoculados para as variáveis massa seca e teor de nitrogênio total acumulado aos 60 DAE (Tabela 5), comprova além da capacidade da população nativa em estabelecer simbiose com feijão-caupi, uma adaptação da mesma às condições edafoclimáticas local. Cabe salientar que a estirpe BR3262, recomenda para feijão-caupi, foi isolada de solos da região do local de estudo (ZILLI et al., 1999).

A produtividade de vagens verdes das cultivares teve como média geral 5682,13 e 5407,00 kg ha⁻¹ para IPA 206 e Mauá, respectivamente, sendo igual para todos os tratamentos (Tabela 6). GUEDES (2008) avaliando a produtividade de vagens verdes da cultivar Mauá, nos diferentes tipos de consórcio com o milho e monocultivo sob manejo orgânico em Seropédica-RJ, obteve médias entorno de 1500 a 2000 kg ha⁻¹, inferiores às observadas neste estudo. As médias acima de 5000 kg ha⁻¹, inclusive para o controle absoluto, são consideradas boas o que indica que a FBN foi importante nos tratamentos isentos de nitrogênio mineral.

Apesar do tratamento nitrogenado ter proporcionado maior teor de massa da parte aérea seca, esse incremento não contribuiu para o aumento da produtividade de vagens verdes. Isso possivelmente devido à assimilação de N, que quando utilizado na forma mineral (Nitrato- NO₃⁻) é transformado em Nitrito (NO₂⁻) e só posteriormente para Amônio (NH₄⁺) forma de assimilação nos vegetais. Já no processo de FBN o N₂ é disponibilizado na forma de amônia (NH₃) para os vegetais e sofre apenas uma transformação para NH₄⁺. Além disso, em plantios em que se usa o N-mineral como fonte de nitrogênio, a asparagina é a forma de nitrogênio predominante nas vias de transporte deste nas plantas, enquanto que as leguminosas tropicais (soja, feijão-de-corda, amendoim) exportam o nitrogênio na forma de ureídeos, tendo como vantagem à eficiência de transporte de nitrogênio para a parte aérea, com grande economia de carbono (MATSUMOTO et al., 1977; TEIXEIRA, 1984; TEIXEIRA & SODEK, 1983).

Tabela 6 - Produtividade de vagens verdes, teor de N nos grãos verdes e produtividade de grãos secos de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio⁽¹⁾.

Fonte de N	Produtividade de vagens verdes (kg ha ⁻¹)			Teor de N em grãos verdes (% planta ⁻¹)			Produtividade Grãos Secos (kg ha ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	5794,01Aa	5600,44Aa	5697,22A	3,51Aa	3,67Aa	3,59A	1396,99Aa	989,18ABb	1193,09AB
BR 3262	5364,10Aa	5064,87Aa	5214,49A	3,54Aa	3,92Aa	3,73A	1292,30Aa	817,51Bb	1054,91B
Consórcio	5365,88Aa	4695,75Aa	5030,81A	3,29Aa	3,59Aa	3,44A	1576,08Aa	1113,95ABb	1345,01AB
50 kg de N ha ⁻¹	5858,26Aa	6853,12Aa	6355,69A	3,22Aa	3,80Aa	3,51A	1461,60Aa	1388,14Aa	1424,87A
Controle (S/I)	6028,39Aa	4820,81A	5424,60A	3,37Aa	3,69Aa	3,53A	1335,55Aa	1033,96ABb	1184,76AB
Média	5682,13a	5407,00a		3,38a	3,74a		1412,50a	1068,55b	
CV (%)		28,58			5,18			20,05	

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

BRITO et al. (2011) num estudo sobre a contribuição da FBN, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão comum e feijão-caupi, observaram que a associação simbiótica em feijão comum necessita de uma dose de arranque (40 kg ha^{-1} de N) para a obtenção de produtividade economicamente aceitável, porém o feijão-caupi é mais dependente do N derivado da FBN que do fertilizante nitrogenado, devido a potencialidade da associação com o rizóbio e que, havendo condições de solo e da planta para a plena simbiose, é dispensável inclusive a adubação de arranque (semeadura). Levando em consideração o custo do N-mineral, aliada aos problemas de poluição ambiental causados pela sua aplicação fica mais viável lançar mão da inoculação do feijão-caupi.

A produtividade de grãos secos variou de 817 a 1576 Kg ha^{-1} (Tabela 6) superando a média nacional, de 366 kg ha^{-1} (DAMASCENO - SILVA, 2009). Apesar disso, considera-se este valor abaixo da capacidade produtiva da cultura, que pode chegar até 6 t ha^{-1} (FREIRE FILHO et al., 1998). Foi observado efeito significativo ($p > 0,1$) entre as cultivares para produtividade de grãos secos, apresentando a cultivar IPA 206 médias superiores a Mauá (Tabela 6), o que aponta a cultivar IPA 206 como promissora no plantio em sistemas de cultivo para produção de grãos secos.

A resposta dos tratamentos inoculados na produtividade de grãos secos não indica baixa eficiência das estirpes, uma vez que a FBN, conseqüentemente massa e teor de N na parte aérea, são influenciados pela disponibilidade de nutrientes no solo, tais como, P, K, Mo, Ca e Mg, que podem beneficiar ou prejudicar o processo. Nesse experimento foram realizadas correções para os nutrientes P e K, porém não para Mo, necessário para a manutenção da atividade de enzimas relacionadas ao aproveitamento do N (LEITE et al., 2009).

O Consórcio de estirpes na cultivar IPA 206 promoveu um incremento na produtividade de grãos secos na faixa de 12%, 22% e 13% em comparação aos tratamentos inoculação com as estirpes BR3267, BR3262 e tratamento nitrogenado, respectivamente. Já na cultivar Mauá maiores médias foram observadas no tratamento nitrogenado, que promoveu incrementos em torno de 24%, 28%, 34% e 69% em comparação aos tratamentos consórcio, inoculação com a estirpe BR3267, controle absoluto e inoculação com a estirpe BR 3262, respectivamente.

Considerando o baixo custo da inoculação ainda sim compensa ao produtor rural lançar mão dessa prática.

4.2. Cultivo de Junho-Setembro

Nessa época de cultivo, as duas cultivares de feijão-caupi tiveram um ciclo de 110 dias. Isso provavelmente devido às baixas temperaturas observadas durante o período experimental, mínimas de 9 °C ao anoitecer, e também da baixa precipitação acumulada, inferior a 100 mm.

Em razão do atraso no desenvolvimento das cultivares, foi possível realizar a coleta dos nódulos somente aos 50 DAE. Nesta, percebeu-se uma baixa nodulação tanto nos tratamentos inoculados quanto das bactérias nativas do solo em comparação à época de cultivo de março-maio.

Dentre os fatores que afetam a nodulação pode-se citar altas temperaturas (DAY et al., 1978; LIE, 1981), que podem provocar a perda do plasmídeo simbiótico (pSym) por algumas estirpes de rizóbio, de crescimento rápido, mais precisamente no gênero *Rhizobium* e uma vez que é nessa molécula que se encontram os genes da nodulação, a bactéria perde sua habilidade de formar nódulos, o que poderá afetar sua eficiência numa simbiose (VIEIRA, 2007). No caso do feijão-caupi, que mostra maior eficiência simbiótica a nível de recomendação para inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, altas temperaturas podem não afetar a

nodulação, pois em *Bradyrhizobium* os genes de nodulação estão no DNA cromossomal e não em plasmídeos (GÖTTFERT et al., 2001).

Segundo ZHANG et al. (1996), a temperatura de 25 °C é considerada ideal, enquanto temperaturas em torno de 15 °C causam diminuição da atividade ou até inibição em várias raças de bactérias fixadoras, o que deve ter ocorrido no presente estudo. CRAUFURD et al. (1996), afirmam ainda, que a faixa de temperatura para a formação de nódulos está entre 24 e 33 °C.

O efeito da temperatura na baixa nodulação observada pode estar associado às características das cultivares. Devido ao alto gasto energético da simbiose as cultivares de feijão-caupi, afetadas pela baixa temperatura, podem ter dado preferência ao seu desenvolvimento em detrimento da simbiose (HOFFMANN, 2007).

Na variável massa de nódulos secos houve diferença estatística entre as cultivares, em que a cultivar Mauá apresentou média duas vezes superior à IPA 206, e entre os tratamentos na cultivar IPA 206 (Tabela 7).

Na cultivar IPA 206 os tratamentos consórcio e inoculação com a estirpe BR3267 apresentaram valores de massa de nódulos secos similares entre si e significativamente superiores ao controle nitrogenado, que apresentou a menor massa de nódulos secos (Tabela 7). Resultados semelhantes foram observados por COSTA et al. (2011) avaliando a eficiência de duas cepas isoladas de solos de mineração de bauxita em reabilitação (UFLA 3-164 e UFLA 3-155) e as estirpes INPA 03 11B (BR3301), UFLA 03 84 (BR3302) e BR3267 (SEMIA 6462) em experimento de campo em Bom Jesus-Piauí. Porém, diferentemente desses autores, não se pode associar a baixa nodulação no controle nitrogenado ao efeito inibidor do N-mineral sobre a nodulação, uma vez que o mesmo não ocorreu com a cultivar Mauá.

Tabela 7 - Massa de nódulos secos de duas cultivares de feijão-caupi, aos 50 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Junho-Setembro⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa de nódulos secos (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	26 Aa	26 Aa	26 A
BR 3262	7ABb	28 Aa	18 A
Consórcio	24 Aa	23 Aa	23 A
50 kg de N ha ⁻¹	2 Ba	20 Aa	11 A
Controle (S/I)	11 ABb	41 Aa	26 A
Média	14 b	28 a	
CV (%)		86,32	

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na coleta aos 50 DAE, também não se observou efeito significativo ($p > 0,1$) entre os tratamentos para massa da parte aérea seca (Tabela 7) nas duas cultivares. ALMEIDA et al. (2010) também verificaram num experimento de campo em Teresina-PI com a inoculação da cultivar BR 17 Gurguéia com as mesmas estirpes, que as produções de massa da parte aérea seca foram semelhantes para os tratamentos inoculados e o controle absoluto, porém os valores encontrados por eles foram superiores aos observados nesse estudo, o que reflete diferenças entre os genótipos de caupi, bem como as características peculiares a cada experimento e região de estudo.

No geral, a produção de biomassa apresentada pelas cultivares foi inferior à observada na época de cultivo de março-maio o que se atribui às baixas temperaturas e precipitações. Variações na temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de água exercem grande influência na fenologia das cultivares de feijão-caupi e de acordo com OLIVEIRA et al. (2009), épocas com alta disponibilidade de água e forte insolação resultam no excessivo desenvolvimento vegetativo das plantas em detrimento da produção de grãos. O feijão-caupi exige um mínimo de 300 mm de precipitação ao longo do ciclo, dependendo da cultivar, do solo e das condições climáticas locais. As limitações hídricas estão mais relacionadas à distribuição pluvial do que à quantidade total de chuvas ocorridas durante o ciclo. Déficit hídrico, próximo e anterior ao florescimento, pode ocasionar severa retração do crescimento vegetativo, limitando a produção (Zoneamento Agrícola- MA, 2011).

Tabela 8 - Massa seca e nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 50 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Junho-Setembro⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa da parte aérea seca (g planta ⁻¹)			Nitrogênio total acumulado (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	2,95Aa	4,57Aa	3,76A	98 Aa	155 Aa	127 B
BR 3262	4,30Aa	3,45Aa	3,87A	120 Aa	127 Aa	123 B
Consórcio	4,65Aa	4,16Aa	4,40A	145 Aa	147 Aa	146 AB
50 kg de N ha ⁻¹	5,15Aa	5,73Aa	5,44A	203 Aa	237 Aa	220 A
Controle (S/I)	4,59Aa	3,60Aa	3,99A	139 Aa	130 Aa	134 AB
Média	4,29a	4,30a		141 a	159 a	
CV (%)		34,32			40,92	

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

Em nitrogênio total acumulado na parte aérea não foi observado efeito significativo ($p > 0,1$) da inoculação com as estirpes na coleta aos 50 DAE (Tabela 8). Porém, na média geral, notou-se maior acúmulo de N no controle nitrogenado. Corroborando com essa evidência, VIEIRA et al. (2010), avaliando a inoculação de variedades locais de feijão-caupi com estirpes selecionadas de rizóbio em Pernambuco, constataram que em média, o tratamento com adubação nitrogenada conferiu os maiores incrementos no conteúdo de N nas plantas de todas as variedades, tendo proporcionado aumento significativo de biomassa e N total na parte aérea.

Quanto à massa da parte aérea seca e nitrogênio acumulado na mesma aos 90 DAE, foi observada diferença significativa entre as cultivares, apresentando a cultivar Mauá valores superiores à cultivar IPA 206 (Tabela 9). Semelhante ao cultivo de março-maio, esses resultados apontam a cultivar Mauá como promissora para uso na adubação verde. CASTRO et al. (2004), avaliando as contribuições da cultivar Mauá na adubação verde da berinjela, constataram que esta apresentou um acúmulo de 1,6 t ha⁻¹ de matéria seca, o que repercutiu num aporte de até 68 kg ha⁻¹ de N.

As estirpes avaliadas neste estudo apresentaram resultados similares ao tratamento nitrogenado, não havendo efeito significativo entre os tratamentos para essa variável.

Tabela 9 - Massa da parte área seca e nitrogênio total acumulado em duas feijão-caupi aos 90 DAE sob diferentes fontes de N. Cultivo de Junho-Setembro⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa da parte aérea seca (g planta ⁻¹)			Nitrogênio total acumulado (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	3,68Ab	8,95Aa	6,31A	71 Ab	193 Aa	132 A
BR 3262	3,88Ab	12,76Aa	8,32A	76 Ab	303 Aa	190 A
Consórcio	4,30Ab	10,10Aa	7,20A	85 Ab	220 Aa	153 A
50 kg de N ha ⁻¹	5,42Ab	9,72Aa	7,57A	103 Ab	218 Aa	161 A
Controle (S/I)	5,04Ab	10,68Aa	7,86A	89 Ab	241 Aa	165 A
Média	4,46b	10,44a		85 b	235 a	
CV (%)		31,31			43,62	

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para o feijão-caupi, comparando as coletas aos 50 e 90 DAE, observou-se um aumento de 47% na quantidade de nitrogênio total acumulada para a cultivar Mauá nesta época de cultivo, o que pode ser apenas um efeito cumulativo. Porém, de acordo com BRITO et al. (2009) esse aumento provavelmente é devido à maior atividade simbiótica no fim do ciclo da cultura. As cultivares de feijão-caupi tiveram a sua produção prejudicada após o longo período vegetativo e variáveis de produção para as duas cultivares não foram consideradas nesta época de cultivo.

4.3. Cultivo de Setembro-Dezembro

Nessa época de cultivo observou-se uma baixa nodulação em todos os tratamentos, o que pode ser devido à presença de N-mineral no solo. Este elemento apresenta alta mobilidade, o que dificulta a determinação do seu real teor na análise química do solo (ALVES, comunicação pessoal).

Apesar de não ser significativa, percebeu-se que o controle nitrogenado foi o que proporcionou menor massa de nódulos secos nas duas cultivares (Tabela 10), indicando o efeito inibidor do nitrogênio nessa variável, tal como observado por ALMEIDA et al. (2010).

A cultivar IPA 206 obteve média geral de massa de nódulos secos e massa da parte aérea seca superior à Mauá (Tabela 10), diferente do observado no cultivo de março-maio, onde a cultivar Mauá apresentou média superior à observada na IPA 206. Nota-se aqui que essa variação nas respostas está mais ligada à capacidade das cultivares aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente do que em resposta aos tratamentos (CRUZ & REGAZZI, 1994).

A inoculação com a estirpe BR3267 proporcionou maior massa de nódulos secos e massa da parte aérea seca superior na cultivar IPA 206. Essa estirpe tem apresentado boa eficiência, para as duas variáveis, em vários trabalhos, com desempenhos similares ou superiores às outras estirpes em estudo (MARTINS et al., 2003; ZILLI et al., 2009a; NASCIMENTO et al., 2010).

Tabela 10 - Massa de nódulos seca, massa da parte aérea seca e nitrogênio total acumulado na parte aérea de duas cultivares de feijão-caupi aos 40 DAE , sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa de nódulos secos (mg planta ⁻¹)			Massa da parte aérea seca (g planta ⁻¹)			Nitrogênio total acumulado (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	20 Aa	8 Ab	14 A	7,63Aa	5,49Ab	6,56A	288 Aa	229 Aa	259 A
BR 3262	15 Aa	7 Aa	11 A	6,05Aa	5,87Aa	5,96A	218 Aa	242 Aa	230 A
Consórcio	10 Aa	9 Aa	10 A	6,54Aa	6,71Aa	6,63A	224 Aa	274 Aa	249 A
50 kg de N ha ⁻¹	7 Aa	4 Aa	6 A	6,91Aa	4,98Ab	5,94A	265 Aa	216 Aa	241 A
Controle S/I	13 Aa	11 Aa	12 A	5,84Aa	5,58Aa	5,71A	218 Aa	237 Aa	227 A
Média	13a	8b		6,59a	5,73b		243a	240a	
CV (%)		70,52			23,40			23,16	

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 10% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na coleta aos 70 DAE não se observou efeito significativo ($p>0,1$) entre os tratamentos para massa da parte aérea seca (Tabela 11). A falta de diferença entre os tratamentos inoculados e o tratamento controle absoluto comprova a capacidade da população nativa estabelecer simbiose com feijão-caupi como é frequentemente observado. Esta população não foi estimada, porém, com base nos dados é possível deduzir que havia alta população de rizóbio estabelecida no local de estudo (NÓBREGA, 2006; ZHANG et al., 2007).

Tabela 11 - Massa seca e nitrogênio total acumulado na parte área de duas cultivares de feijão-caupi aos 70 DAE, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro⁽¹⁾.

Fonte de N	Massa da Parte aérea seca (g planta ⁻¹)			Nitrogênio Total Acumulado (mg planta ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	18,91	18,81	18,86	425	409	417
BR 3262	16,67	15,29	15,98	413	315	364
Consórcio	16,37	18,06	17,21	394	381	388
50 kg de N ha ⁻¹	17,83	17,28	17,54	486	361	423
Controle (S/I)	14,12	17,30	15,71	344	345	344
Média	16,78	17,34		412	362,92	
CV (%)		18,52			25,71	

⁽¹⁾Não houve diferença entre os tratamentos pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

PIMRATCH et al. (2004) sugeriram que a produção de biomassa seca é a característica mais confiável para a seleção de cultivares com maior potencial simbiótico em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio. SINGH et al. (2010), num estudo sobre o efeito da adubação verde com feijão-caupi no cultivo de hortelã em sistemas de consórcio, constataram que a cultura possibilitou a economia de cerca de 30 kg N ha⁻¹, além de melhorias na fertilidade do solo e a produtividade do cultivo subsequente.

Quanto ao acúmulo de N na parte aérea, todas as estirpes foram semelhantes entre si e similares ao tratamento com 50 kg ha⁻¹ de N, nas duas coletas (Tabela 11). De acordo com VIEIRA et al. (2010) isso mostra que o nitrogênio proveniente da simbiose foi suficiente para prover as necessidades da planta, podendo o efeito ser dependente da estirpe de rizóbio introduzida, fato que mostra que a associação com bactérias pode suprir grande parte do nitrogênio necessário ao desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi.

BRITO et al. (2009), num estudo sobre a absorção de diferentes fontes de nitrogênio em feijão-caupi e feijão-comum, constataram acentuado aumento na quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea dessas leguminosas, principalmente após os 38 dias após semeadura (DAS), sendo que o máximo acúmulo de N ocorreu no intervalo entre 58 e 68 DAS correspondente ao período reprodutivo, sugerindo que elas, possuidoras de uma fonte externa de N, mostraram efeito sinérgico entre o N fixado, N do solo e N do fertilizante.

A utilização de uma espécie como adubo verde, para fornecimento de nitrogênio ao solo, está associada à produção de biomassa e nitrogênio total acumulado na parte aérea e segundo RUMJANEK et al. (2005), as estimativas da FBN para feijão-caupi no campo são bastante variáveis, correspondendo de 40 a 90 % do total de N acumulado pela cultura. Essa

variabilidade pode ser atribuída às diferenças do genótipo tanto da planta como do rizóbio. Nesta época de cultivo, os dados obtidos de massa da parte aérea seca e nitrogênio total acumulado nas cultivares IPA 206 e Mauá indicam a possibilidade de respostas semelhantes no uso das na adubação verde, uma vez que essas variáveis estão de acordo com os observados em outros trabalhos (GUALTER, 2010; ALMEIDA et al., 2010; BRITO et al., 2011; GUALTER et al., 2011).

A inoculação com as estirpes de *Bradyrhizobium* sp. não induziu uma maior produtividade de vagens verdes nas cultivares utilizadas, quando comparadas ao controle absoluto (Tabela 12). Apesar de significativamente iguais, a inoculação com a estirpe BR3267 na cultivar IPA 206 promoveu um incremento na produtividade de vagens verdes na faixa de 23%, 23%, 27% e 30% em comparação aos tratamentos controle absoluto, inoculação com as estirpes BR3262, consórcio e controle nitrogenado, respectivamente. OLIVEIRA et al. (2002) numa avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia-PB, reportaram produtividades para a cultivar IPA 206 superiores a 5,0 Mg ha⁻¹ para vagens verdes, 3,0 Mg ha⁻¹ para grãos verdes.

GUEDES (2008) constatou que a cultivar Mauá reúne as características mais interessantes para colheita de grãos verdes: vagens compridas e com alto número de grãos, características desejáveis na maioria das lavouras do estado do Rio de Janeiro e nas áreas de cultivo tradicional do feijão-caupi no nordeste, visto que normalmente não se faz irrigação nessas áreas. Essas características também foram constatadas no presente estudo.

Em relação à produção de grãos secos, não foi observada interação entre as cultivares e tratamentos, variando a produtividade de 1188 a 1569 kg ha⁻¹ (Tabela 12). Porém, essas médias foram superiores aos encontrados em alguns trabalhos de campo em outras regiões (SOARES et al., 2006; GUALTER et al., 2008; CHAGAS JUNIOR et al., 2010; GUEDES et al., 2010), o que mostra diferenças no potencial produtivo das cultivares, bem como nas condições edafoclimáticas particulares a cada estudo.

O fato da inoculação com as estirpes ter resultado em produtividades tão altas quanto às do tratamento com N-mineral indica que as simbioses proveram N às plantas em quantidades similares às da adubação, não ficando estas carentes em N, em seu desenvolvimento

Tabela 12 - Produtividade de vagens verdes, teor de N nos grãos verdes e produtividade de grãos secos de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro⁽¹⁾.

Fonte de N	Produtividade de vagens verdes (kg ha ⁻¹)			Teor de N em grãos verdes (% planta ⁻¹)			Produtividade Grãos Secos (kg ha ⁻¹)		
	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média	IPA 206	Mauá	Média
BR 3267	6243,00	5355,00	5799,00	4,38	4,09	4,23	1496,79	1569,12	1532,95
BR 3262	5091,82	5230,00	5160,91	4,08	4,14	4,11	1464,55	1454,31	1459,43
Consórcio	4930,80	5761,25	5346,02	4,20	4,21	4,21	1391,33	1254,45	1322,89
50 kg de N ha ⁻¹	4788,99	5220,62	5004,81	4,48	3,96	4,22	1416,92	1337,17	1377,05
Controle (S/I)	5078,86	4871,87	4975,36	4,04	4,01	4,02	1188,10	1426,26	1307,18
Média	5226,69	5287,75		4,24	4,08		1391,54	1408,26	
CV (%)		21,88			7,34			18,61	

⁽¹⁾Não houve diferença entre os tratamentos pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

4.4. Índice de Colheita

Segundo MOREIRA et al. (1999), o índice de colheita (IC) representa a razão entre o rendimento biológico (produção total de fitomassa acima do solo) e o rendimento de grãos (parte colhida e comercializada da cultura). No presente estudo, foi calculado o IC de vagens verdes, levando em consideração ser essa a forma preferencial de consumo de feijão-caupi na Região Fluminense do Estado do Rio de Janeiro.

Observou-se valores médios de IC entorno de 57% e 60% para as cultivares IPA 206 e Mauá, respectivamente, no cultivo de março-maio. Esses índices demonstram alta capacidade de conversão da matéria seca acumulada em vagens verdes pelas cultivares nas condições de cultivo (Figura 3).

Alguns estudos têm utilizado o IC para avaliação da resposta de cultivares de feijão-caupi em condições de estresse. MATOS et al. (1991) analisando o período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura do feijão-caupi, constataram que a competição afetou o IC, interferindo no aproveitamento de fotoassimilados na formação de sementes do feijão-caupi, obtendo valores variáveis entre 29 a 46%. Já BEZERRA et al. (2010), em estudos de avaliação da rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes, observaram uma diminuição da produtividade em consequência dos acréscimos salinos impostos à cultura, com valores de IC de grãos variando dentro dos tratamentos de 31,2 a 34,7%.

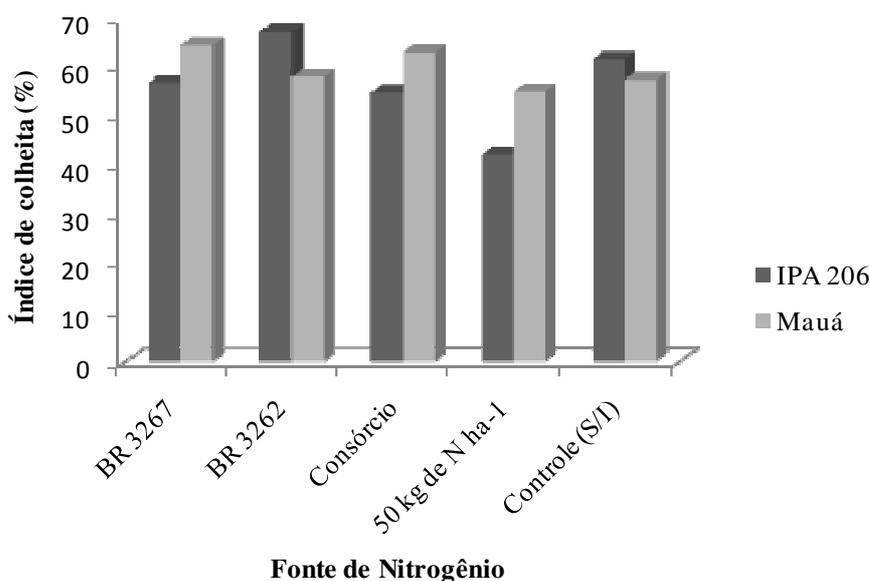


Figura 3 - Índice de colheita de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Março-Maio.

Na cultivar Mauá os tratamentos apresentaram IC mais homogêneos. Já na cultivar IPA 206, apesar de significativamente iguais, a inoculação com a estirpe BR3262 promoveu um incremento no IC na faixa de 9%, 18%, 22%, e 60% em comparação aos tratamentos controle absoluto, inoculação com as estirpes BR3267, consórcio e controle nitrogenado, respectivamente (Figura 3). Apesar de ser uma dose média, a disponibilidade de N-mineral pode ter ocasionado um desenvolvimento vegetativo acentuado em detrimento da produção de

vagens no feijão-caupi, o que explicaria o baixo IC observado no controle nitrogenado (OLIVEIRA, 1982).

No cultivo de setembro-dezembro também não se observou efeito significativo ($p>0,1$) entre os tratamentos para o IC, oscilando os valores médios entre 23 a 33% na cultivar IPA 206 e de 29 a 32% para a Mauá (Figura 4). Estes valores porém, são inferiores aos observados no cultivo de março-maio, o que pode estar associado à alta produção de biomassa seca na maturação das vagens, indicando menor eficiência na translocação da biomassa para os grãos nessa época de cultivo.

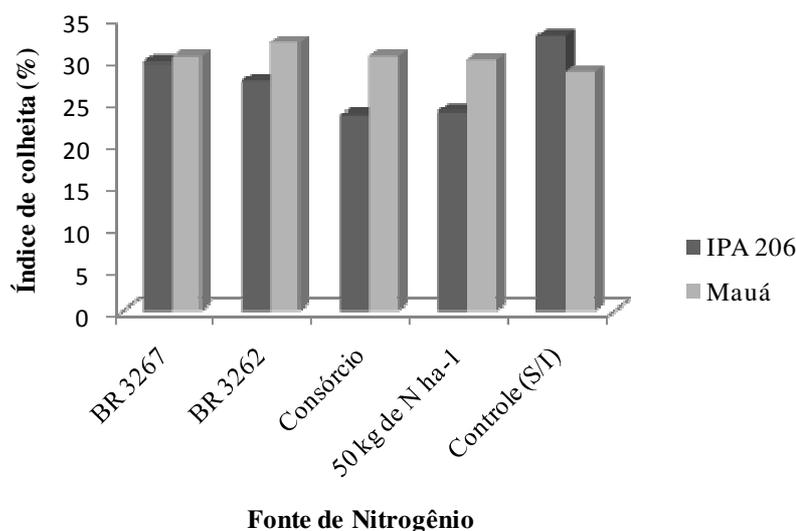


Figura 4 - Índice de colheita de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes fontes de N. Cultivo de Setembro-Dezembro.

O tratamento controle absoluto na cultivar IPA 206 promoveu um incremento no IC de vagens verdes na faixa de 11%, 20%, 38% e 41% em comparação aos tratamentos inoculação com as estirpes BR3267, BR3262, controle nitrogenado e consórcio de estirpes, respectivamente (Figura 4).

Os resultados sugerem não haver respostas diferenciadas quanto à eficiência na translocação do N para a produção de vagens verdes em função da cultivar utilizada, tendo estas apresentado IC similares.

4.5. Análise Conjunta dos Dados

A análise conjunta das variáveis de cada cultivar em relação às épocas de cultivo mostrou que o cultivo de março-maio foi mais favorável para a obtenção de nódulos, enquanto que o cultivo de setembro-dezembro proporcionou menor média de massa de nódulos secos (Tabela 13).

A cultivar Mauá foi superior em comparação à IPA 206 na produção de massa de nódulos no cultivo de março-maio. Já nas outras épocas as duas cultivares não apresentaram diferença estatística (Tabela 13). Porém, além da massa de nódulos tem-se demonstrado que a eficiência nodular é um bom indicativo de parâmetro de nodulação na avaliação de cultivares de feijão-caupi (ALCANTARA, 2011)

Tabela 13 - Valores médios de massa de nódulos secos, massa da parte aérea, e nitrogênio total acumulado na parte aérea na primeira (1) e segunda (2) coleta, de duas cultivares de feijão-caupi, sob diferentes épocas de cultivo ⁽¹⁾

Massa de nódulos (mg planta⁻¹)			
Épocas de cultivo	IPA 206	Mauá	Média
Março-maio	190,18 Aa	219,59 Aa	204,50 A
Junho-Setembro	13,89 Bb	27,95 Ba	20,92 B
Setembro-Dezembro	13,46 Ba	8,40 Ca	10,93 C
Massa da parte aérea 1 (g planta⁻¹)			
Épocas de cultivo	IPA 206	Mauá	Média
Março-maio	6,04 Ab	7,60 Aa	6,82 A
Junho-Setembro	4,33 Aa	4,30 Ba	4,32 B
Setembro-Dezembro	6,59 Aa	5,73 ABa	6,16 AB
Nitrogênio total acumulado na parte aérea 1 (mg planta⁻¹)			
Épocas de cultivo	IPA 206	Mauá	Média
Março-maio	208,15 Ab	283,77 Aa	245,96 A
Junho-Setembro	141,33 Aa	159,78 Ba	150,55 A
Setembro-Dezembro	243,13 Aa	240,13 ABa	241,63 A
Massa da parte aérea 2 (g planta⁻¹)			
Épocas de cultivo	IPA 206	Mauá	Média
Março-maio	12,02 Aa	10,09 Ba	11,05 B
Junho-Setembro	4,46 Bb	10,44 Ba	7,45 B
Setembro-Dezembro	16,78 Aa	17,34 Aa	17,06 A
Nitrogênio total acumulado na parte aérea 2 (mg planta⁻¹)			
Épocas de cultivo	IPA 206	Mauá	Média
Março-maio	327,22 Ba	291,43 Ba	309,33 A
Junho-Setembro	85,64 Cb	235,42 Ba	160,53 B
Setembro-Dezembro	412,91 Aa	362,92 Aa	387,92 A

⁽¹⁾Médias seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Considerando a produção de biomassa vegetal e o acúmulo de N para fins de adubação verde, o plantio da cultivar Mauá foi mais favorável na época de cultivo de setembro-dezembro, enquanto que a cultivar IPA 206 apresentou produção de biomassa vegetal semelhante para as épocas de cultivo de março-maio e setembro-dezembro (Tabela 13).

A cultivar Mauá mostrou-se mais tolerante às condições de baixa temperatura observadas no cultivo de junho-setembro, pois além de ter apresentando superioridade na nodulação, apresentou, entre os 50 e 90 DAE, um incremento de biomassa verde em torno de 142% , quanto que na cultivar IPA 206 o incremento não passou de 3% (Tabela 13).

Os resultados da análise conjunta das variáveis: massa de nódulos secos, biomassa vegetal, nitrogênio total acumulado e índice de colheita podem contribuir para a recomendação do cultivo das duas cultivares de feijão-caupi, visando a exploração da dupla aptidão das mesmas para adubação verde e produção de grãos, na região da Baixada Fluminense do Rio de Janeiro (Tabela 14):

Tabela 14 - Recomendação técnica para plantio de duas cultivares de feijão-caupi para produção de biomassa vegetal e grãos em diferentes épocas de cultivo na região de baixada fluminense do estado de Rio de Janeiro.

Época de cultivo	Biomassa vegetal		Produção de vagens verdes		Produção de grãos secos	
	IPA 206	Mauá	IPA 206	Mauá	IPA 206	Mauá
	Março-maio	x	x	x	x	x
Junho-setembro						
Setembro-dezembro	x	x	x	x	x	x

Não se recomenda o plantio das cultivares de feijão-caupi na época de junho a setembro (estação seca) na região de estudo, em decorrência das baixas temperaturas e pluviosidade observadas, favorecendo o aumento do período vegetativo das mesmas em detrimento da produ o de biomassa vegetal e gr os

No cultivo de março-maio a cultivar IPA 206 se destacou na produtividade de grãos secos tendo atingido 32% a mais de grãos secos em rela o a cultivar Mauá. Já no cultivo de setembro a dezembro recomenda-se o plantio das duas cultivares, tendo apresentado respostas similares tanto na produ o e acúmulo de N na biomassa vegetal quanto na produ o de vagens verdes e/ou grãos secos.

5. CONCLUSÕES

As épocas de cultivo influenciaram na nodulação, produção de biomassa seca e produtividade das cultivares de feijão-caupi.

Os cultivos de março-maio e setembro-dezembro mostraram-se mais favoráveis para o plantio das cultivares de feijão-caupi.

O tratamento consórcio apresenta de um modo geral, resposta similar à inoculação individual das estirpes BR3262 e BR3267.

As estirpes inoculadas, de modo geral, proporcionam boa nodulação, rendimento de biomassa seca e acúmulo de N na parte aérea, quando comparadas ao controle absoluto e controle nitrogenado nas três épocas de cultivo.

As duas cultivares possuem características de dupla aptidão tanto para produção de biomassa verde quanto para produção de vagens verdes e grãos secos, sendo a cultivar Mauá mais promissora no plantio em sistemas de cultivo para produção de biomassa e incorporação no solo para fins de adição de N via adubação verde e a IPA 206 para produção de grãos secos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de feijão-caupi apresentam respostas positivas à Fixação biológica do nitrogênio (FBN), sendo noduladas por uma faixa ampla de rizóbios. Esse fato possibilita que em muitas situações, as estirpes nativas dos solos nodulem as plantas e formem simbioses eficientes, obtendo respostas similares às estirpes inoculadas e recomendadas. No entanto, essas respostas e o desempenho da simbiose são variáveis e dependentes da interação entre planta e micro-organismo e das condições edafoclimáticas do local de estudo (SILVA et al., 2008; VIEIRA et al., 2010).

No presente estudo é observada alta produção de biomassa, principalmente na cultivar Mauá, produtividade de vagens verdes e grãos secos nas duas cultivares, similares às encontradas em outros estudos. Em geral, os efeitos das inoculações com as estirpes apresentam o mesmo padrão que os controles absoluto e nitrogenado.

Apesar dos tratamentos inoculados não diferirem estatisticamente entre si, a inoculação, especialmente com a estirpe BR3267 é viável, capaz de substituir a adubação nitrogenada, mostrando a possibilidade de aumento da produtividade de vagens verdes e grãos secos de feijão-caupi com a adoção dessa tecnologia.

Os resultados mostram que respostas positivas à inoculação serão mais facilmente obtidas em áreas com baixa população de rizóbio nodulantes de feijão-caupi estabelecida no solo. Sendo ainda necessários estudos regionais focados na variabilidade de respostas, na produtividade, produção de biomassa e acúmulo de N da cultura de acordo com as condições edafoclimáticas, e no desenvolvimento de novos veículos de inoculação para a substituição do veículo atual.

Além disso, levando em consideração a origem do feijão-caupi, o desenvolvimento de pesquisas em países africanos aponta-se como uma alternativa promissora para difusão da prática da inoculação, tendo em vista as respostas positivas das estirpes utilizadas nessa tecnologia e o papel social da cultura, como fonte de proteína a baixo custo de produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, R. M. C. M. **Fixação biológica de nitrogênio em genótipos ancestrais de feijão-caupi**. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 146p. 2011 (Tese de Doutorado).
- ALMEIDA, A. L. G.; ALCÂNTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.3, p.364-369, 2010.
- ALMEIDA, M. M. T. B. **Fertilizantes de leguminosas: tecnologia inovadora de adubação verde para provisão de nitrogênio em sistemas orgânicos de produção**. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 83p. 2007. (Dissertação Mestrado)
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHOS, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P.H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de feijão-caupi**. EMBRAPA MEIO-NORTE Sistemas de Produção, 2 Versão Eletrônica Jan/2003. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.htm>>. Acesso em Junho de 2011.
- ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *bacillus subtilis* e *bradyrhizobium japonicum* / *bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1633-1643,1999.
- ARAÚJO, F. F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v.21, p.1639-1645, 2005.
- BASHAN, Y. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. **Biotechnology Advances**, v. 16, n. 4, p. 729-770,1998.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas, Instituto Agrônomo. (Circular, 20). 1972. 56p.
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F. DE; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. DA; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, 2010.
- BIODISELBR. **Matéria prima para biodisel**. Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/plantas/oleaginosas.htm>>. Acesso em Junho de 2011.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ^{15}N . In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Org.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994, p.470-494.

BODDEY, R. M.; SÁ, J. C. D. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.787-799, 1997.

BODDEY, R. M.; PEOPLES, M. B.; PALMER, B.; DART, P. J. Use of the ^{15}N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.57, n.3, p.235-270, 2000.

BRATTI, A. E.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; MARTINS, C. M.; ZILLI, J. E.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. DE; NEVES, M. C. P. **Levantamento de Rizóbios em Adubos Verdes Cultivados em Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA)**. Seropédica. Embrapa Agrobiologia. (Documento nº204).2005. p. 14.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de ^{15}N . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.895-905, 2009.

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

CANUTO, E. L.; SALLES, J. F.; OLIVEIRA, A. L. M.; PERIN, L.; REIS, V. M.; BALDANI, J. I. Respostas de plantas micropropagadas de cana-de-açúcar à inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas. **Agronomia**, v. 37, n.2, p. 67 - 72, 2003.

CARDOSO, E. J. B. N.; NOGUEIRA, M. A. A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. In: SILVEIRA, A. P. D. DA; FREITAS, S. dos S (Ed.). **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas, Instituto Agrônomo Campinas. 2007. 312 p.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônomo do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônoma**, v.37, n.1, p.102-105, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Vol.4, Brasília. Embrapa Informação Tecnológica: Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2010. 644p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Vol.1, Brasília. Embrapa Informação Tecnológica: Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds). **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, p.143-159.

CASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

CECCON, G.; MATOSO, A. O. **Feijão-caupi é pesquisado no centro-oeste**. Disponível em <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/216241.htm>> . Acesso em Julho de 2011.

CHAVES, J. C. D. **Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro**, Londrina: IAPAR. (IAPAR, Circular, 48). 1986. 24p.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.

CLIPPING-MA. **Aprovado o zoneamento para o feijão-caupi no MA**. Disponível em <<http://clippingma.webnode.com.br/news/aprovado%20o%20zoneamento%20para%20o%20feij%C3%A3o-caupi%20no%20ma/>>. Acesso em Julho de 2011.

COSTA, M. B. B. da. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2011.

CRAUFURD, P. Q., ELLIS, R.H., SUMMERFIELD, R. J., MENIN, L. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*). I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, v. 32, p. 1-12, 1996.

CRAVO, M. da S.; SOUZA, B. D. L. Sistemas de cultivo do feijão-caupi na Amazônia .In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; MELO, V. F.(Org). **Workshop sobre a Cultura do Feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2007. p. 17-24.

CREWS, T. E.; PEOPLES, M. B. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 102, p. 279 – 297, 2004.

CREWS, T. E.; PEOPLES, M.B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. **Nutrition Cycling Agroecosystem**, v.72, p.101-120, 2005.

DAMASCENO-SILVA, K. J. **Estatística da produção de feijão-caupi**. Portal do agronegócio, 2009. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=34241>>. Acesso em 03/02/2011.

DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. dos. N.; ANDRADE, S. I. de O.; SALES, A. L. de. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DUKE, S. H.; COLLINS, M. Role of potassium in legume dinitrogen fixation. In: MUNSON, R. D. (Ed). **Potassium in agriculture**. Madison: American society of agronomy, p.443-465, 1985.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.53, n. 1-2, p. 187-204, 1997.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2009 e 2010**. - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados : Embrapa Agropecuária Oeste , Sistemas de Produção, n.13, 2008. 262p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de Leguminosas Herbáceas para Adubação Verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2005. 517p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. 212p.

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO. **Agrishow Semiárido: Embrapa lança BRS Pujante, variedade de feijão caupi produtivo e boa de panela (2008)**. Disponível em <<http://www.cpatsa.embrapa.br/imprensa/noticias/agrishow-semi-arido-embrapa-lanca-brs-pujante-variedade-de-feijao-caupi-produtivo-e-bo-a-de-panela/>>. Acesso em 20 de Agosto de 2011.

FERREIRA, D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)**. Versão 4.3. Lavras: UFLA, 2003.

FERREIRA, D. J.; ZANINE, A. M. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista eletrônica de veterinária**, v.8, n 3, 2007. Disponível em < <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030307/030702.pdf>> Acesso em 03/07/2011.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; ROHR, T. G.; OLIVEIRA, P. J.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Polymers as carriers for rhizobial inoculant formulations. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1184-1190, 2009.

FILGUEIRAS, G. C.; SANTOS, M. A. S dos; HOMMA, A. K. O; REBELLO, F. K.; CRAVO, M. S. Aspectos socioeconômicos. In: ZILLI, J.E.; VILARINHO, A.A.; ALVES, J.M.A. (Eds.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2009. p.23-58.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 338 p.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopathológica**, v.20, n.1, p.68-74, 1994.

FRANCO, M. C.; CASSINI, S.T. A.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C.; TSAI, S. M. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1145-1150, 2002.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. **Yeast extract-mannitol agar for laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraww Hill, 1928. 145p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F.R; LIMA, J.A.A. & RIBEIRO, V. Q. (Ed). **Feijao-Caupi – Avancos tecnológicos**. Brasília: Embrapa-informação Tecnológica, 2005. p29-92.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. **Melhoramento genético do caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) na região do Nordeste**. In: WORKSHOP, 1998. [S.1.]: Embrapa Semi-Árido, 1998.

FREIRE FILHO, F. R. Origem , evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E.E. (Org). **O Caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP/ Ibadan: IITA, 1988. p.25-46.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; SANTOS, A. A. Cultivares de caupi para região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa-CPAMN. (Circular Técnica, 28). 2000. p.67-88.

FREIRE FILHO, F. R. ; RIBEIRO, V. Q. ; ROCHA, M. de M. ; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 591-598, 2003.

FREIRE FILHO, F. R.; VILARINHO, A. A.; CRAVO, M. DA S.; CAVALCANTE, E. DA S. Panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; MELO, V. F.(Org). **Workshop sobre a Cultura do Feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2007. p 12-15.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. F. Melhoramento genético de Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na Região do Nordeste. In: QUEIROZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa-CPATSA; Brasília, DF: Embrapa-Cenargen, 1999. Não paginado. Disponível em: <<http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/livroorg/caupinordeste.pdf>>. Acesso em: set 2011.

FREIRE, J. R. J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M.C. P., (Ed). **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.121-140.

FROMMEL M. I., PAZOS, G. S.; NOWAK, J. Plant growth stimulation and biocontrol of Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*) by co-inoculation of tomato seeds with *Serratia plymuthica* and *Pseudomonas* sp. **Fitopatologia** v. 26, p.66-73, 1991.

GANTER, J. L. M. S. **Estudo dos carboidratos de sementes de *Mimosa scabrella* (bracatinga): análise estrutural dos oligosacarídeos e propriedades reológicas da galactomanana.** Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 1991. 130p. (Tese Doutorado).

GENOVESE, M. I. & LAJOLO, F. M. Determinação de isoflavonas em derivados de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, Campinas, v. 21, n.1, p.86-93, 2001.

GILLER, K. E., WILSON, K. J. **Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems.** CAB International, Wallingford, UK, 1993. 313p.

GÖTTTFERT, M.; RÖTHLISBERGER, S.; KÜNDIG, C.; BECK, C.; MARTY, R.; HENNECKE, H. Potential symbiosis-specific genes uncovered by sequencing a 410 kilobase DNA region of the *Bradyrhizobium japonicum* chromosome. **Journal of Bacteriology**, v.183, p.1405-1412, 2001.

GRANGEIRO, T. B.; CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C. de; SILVA, S. M. de S.; FREIRE, É de A.. CAJAZEIRAS, J. B.; ANDRADE NETO, M; GRANGEIRO, M. B.; CAVADA, B. S. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; VIANA, F. M. P.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p.337-365.

GUALTER, R. M. R.; BODDEY, R. M.; RUMJANEK, N. G.; FREITAS, A. C. R.; XAVIER, G. R. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio em feijão- caupi cultivado na região da Pré- Amazônia maranhense. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.3, p.303-308, 2011.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. ALCANTARA, R. M. C. M. ; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em Feijão-caupi: efeitos na nodulação e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9.n.4, p.469-474, 2008.

GUALTER, R. M. R. **Efeito da Inoculação com Diferentes Estirpes de Rizóbio na Nodulação, Fixação Biológica de Nitrogênio e na Produtividade em Feijão-Caupi Seropédica.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. 85p. 2010 (Dissertação de mestrado).

GUEDES, R. E. **Bases para o Cultivo Orgânico de Feijão-Caupi [*Vigna unguiculata* L. (Walp.)] no Estado do Rio de Janeiro.** Seropédica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 93p. 2008. (Tese de doutorado).

GUEDES, G. N.; SOUZA, A. S.; LIMA, A. S.; ALVES, L.S. Eficiência agronômica de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal – PB. **Revista Verde**. v.5, n.4, p. 82 – 89, 2010.

HARDY, R. W. F. Biological Nitrogen Fertilization: Present and future applications. In: SRIVASTAVA, J. P.; ALDERMANS, H. (Ed.). **Agriculture and Environmental Challenges.** Agricultural Sector Symposium, 13. Proceedings. Washigton: The World Bank. 1993. p.109- 117.

HOFFMANN L. V. Biologia Molecular da Fixação Biológica do Nitrogênio. In: SILVEIRA, A. P. D. DA; FREITAS, S. dos S (Ed.). **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto Agronômico Campinas (SP), 2007. 312 p.

HOLGUIN, G.; BASHAN, Y. Nitrogen-fixation by *Azospirillum brasilense* Cd is promoted when co-cultured with a mangrove rhizosphere bacterium (*Staphylococcus* sp.). **Soil Biology Biochemistry**. v.28, p.1651-1660, 1996.

HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação das leguminosas por rizóbio. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.339-364, 1994.

HUNGRIA M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N² fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 1985.

KLOEPPER, J.W.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; MCINROY, J.A.; YOUNG, R.W. Rhizosphere bacteria antagonistic to soybean cyst (*Heterodera glycines*) and root-knot (*Meloidogyne incognita*) nematodes: identification by fatty acid analysis and frequency of biological control activity. **Plant and Soil**, v.139, p.75-84, 1992.

KRAINOVIC, P. M. **Taxa de decomposição de quatro espécies utilizadas para adubação verde em sistemas agroflorestais**. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 50p. 2008. (Monografia)

LACERDA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. ANDRADE, M. J. B; SOARES, A. L. L. Yield and nodulation of cowpea inoculated with selected strains. **Revista Ceres**, v.51, n.1, p. 67-82, 2004.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao Molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

LIMA, A. A. **Caracterização e seleção de rizóbios de Mucuna**. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 92p. 2009. (Dissertação de Mestrado).

LIMA, G. P. B. **Crescimento e produtividade do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4, Teresina. *Resumos...* Teresina: CNPAMN/ EMBRAPA, 1996. p.41-43.

LIMA, A. S.; PEREIRA, J. P. A. R.; MOREIRA, F. M. S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1095-1104, 2005.

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

MARTINS, L. M. V. **Características ecológicas e fisiológicas de rizóbios de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) isolados a partir de solos da região Nordeste do Brasil.** Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 213p. 1996. (Dissertação de mestrado).

MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L.R.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a Strategy for improving grain yield in the Semi-Arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.38, p.333-339, 2003.

MARTINS, L. M. V.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Growth characteristics and symbiotic efficiency of rhizobia isolated from cowpea nodules of the north-east region of Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, oxford, v.29, p.1005-1010, 1997.

MATSUMOTO, T.; YATAZAWA, M.; YAMAMOTO, Y. Distribution and change in the contents of allantoin and allantoic acid in developing nodulating and non-nodulating soybean plants. **Plant & Cell Physiology**, v.18, p.353-359, 1977.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F.R; LIMA, J.A.A. & RIBEIRO, V. Q. (Ed). **Feijão-Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, 2005. p. 228-242.

MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão- caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1177-1183, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução normativa DAS art. 2º. do decreto no. 5741 de 30 de março de 2006. **Caatinga**, v.19, n.1, p.25-33, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas** ANEXO à IN SDA 13, de 25/03/2011.

MYIAZAKA, S.; CAMARGO, O. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de cultura no Estado de São Paulo**. Campinas, Fundação Cargill, 1984.

MOAT, A. G.; FOSTER, J. W. **Microbial Physiology**. 3 ed. New York: Wiley Liss, 1996. p.437-461.

MOREIRA, F. M. S. **Estirpes de bactérias altamente eficientes que fornecem nitrogênio para o caupi foram selecionadas na UFLA e já são recomendadas para a produção de inoculantes comerciais**. Boletim de Extensão da UFLA, 2005, 12p. Disponível em: <[http://www.ufla.br/editora/publicações/boletim de extensão](http://www.ufla.br/editora/publicações/boletim_de_extensao)>. Acesso em: 23 out. 2011.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MOREIRA, M. A.; ANGULO FILHO, R.; RUDORFF, B. F. T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência agrícola**, v.56, n.3, 1999.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.174-177, 2004

NASCIMENTO, L. R. S.; SOUSA, C. A.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, I. M. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.5, n.1, p.36-42, 2010.

NEVES, M. C. P.; MARTINS, L. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. **Levantamento de estirpes de rizóbio capazes de nodular Caupi (*Vigna unguiculata*) em solos do Nordeste do Brasil. II.Zona da Mata**. Seropédica. Embrapa Agrobiologia. (Documentos nº 47). 1998. 8p.

NEVES, M. C. P.; SUMMERFIELD, R. J.; MINCHIN, F. R.; HADLEY, P.; ROBERTS, E. H. Strains of *Rhizobium* effects on growth and seed yield of cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Plant and Soil**, Dordrecht, Netherlands, v.68, n.2, p.249-260, 1982.

NÓBREGA, R. S. A. **Efeito de sistemas de uso da terra na Amazônia sobre atributos do solo, ocorrência, eficiência e diversidade de bactérias que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]**. Lavras. Universidade Federal de Lavras. 188p. 2006. (Tese Doutorado)

NOGUEIRA, A. R. de A; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: Solo, água, Nutrição Animal e Alimentos**. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, 2005. 313p.

NOSOLINE, S. M. ; SILVA JUNIOR, E. B. ; PAULO, F. S. ; OLIVEIRA, P. J. ; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. **Desempenho simbiótico de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. no desenvolvimento e produtividade de grãos em feijão caupi**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011

OLIVEIRA, A. P ; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, A. P.; TAVARES SOBRINHO, J.; NASCIMENTO, J. T; ALVES, A. U; ALBUQUERQUE, I. C.; BRUNO, G. B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002

OLIVEIRA, A. L. M. ; URQUIAGA, S.; DOBEREINER, J.; BALDANI, J. I. The effect of inoculating endophytic N² - fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. **Plant and Soil**, v.242, p. 205-215, 2002.

OLIVEIRA, A. P. **Noções de solo e nutrição de caupi**. In: I CURSO DE PRODUÇÃO DE CAUPI. EMBRAPA/CNPFA. 1982. 35 p.

OLIVEIRA, A. P.; TAVARES SOBRINHO, J.; NASCIMENTO, J. T.; ALVES, A. U.; ALBUQUERQUE, I. C.; BRUNO, G. B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A.M. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos de semi-árido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org) **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. p. 63-96.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A.; LOPES, E. B.; SILVA, E. É.; ARAÚJO, L. H. A.; RIBEIRO, V. V. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009.

PEOPLES, M. B.; CRASWELL, E. T. Biological nitrogen-fixation - investments, expectations and actual contributions to agriculture **Plant and soil**, v.141, p. 13-39, 1992.

PEREIRA, J. A.; BELARMINO FILHO, J.; SANTOS, J. F.; ARANHA, V. S. **Caracteres agrônômicos e suas correlações em linhagens de feijão macassar**. EMEPA. (Boletim de pesquisa 06) .1992.

PIMRATCH, S.; JOGLOY, S.; TOOMSAN, B.; JAISIL, P.; KESMALA, T.; PATANOTHAI, A. Evolution of seven peanut genotypes for nitrogen fixation and agronomic traits. **Songklanakarinn Journal Science Technology**, v.26, n.3, p. 295- 304, 2004.

PINHO, J. L. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; GONÇALVES, J. A. **Aspectos fisiológicos**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed). **Feijão-Caupi – Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, p.192-210, 2005.

RIBEIRO V.Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. (Sistemas de Produção: 2). 2002. 108p.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi- Tipos Comerciais**. Embrapa Meio Norte, 2005.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, . . 2005. p. 280-335.

SAKAI, R. S.; SILVA, P. H.; AMBROSANO, E. J.; MENDES, C. D.; ROSSI, F.; GUIRADO, N. et al. Avaliação Agrônômica de quatro espécies de *Mucuna* utilizadas como adubos verdes em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

SARAIVA, C. N.; ANDRADE JUNIOR, M. L.; STAMFORD, N. P.; GALVÃO, M. B. S. F.; ALBUQUERQUE, C. S. Nodulação e produção do caupi (*Vigna unguiculata* L. WALP) sob

efeito de plantas de cobertura e inoculação. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.32, p.579-587, 2008.

SETCHELL, K. D. R.; CASSIDY, A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health. **The Journal of Nutrition**, v. 129, p.758S-767S, 1999.

SILVA JÚNIOR, E. B.; ALENCAR, C. A.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. **Avaliação do consórcio de estirpes para inoculação em feijão-caupi**. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 2010.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p 133-135, 1993.

SINGH, M.; SINGH, A; SINGH, S.; TRIPATHI, R. S.; SINGH, A. K.; PATRA, D. D. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L). Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. **Industrial Crops and Products**, v.31, p.289–293, 2010.

SINIMBU, F. **Feijão-caupi é arma do Brasil Sem Miséria**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2011/julho/4a-semana/fejao-caupi-e-arma-do-brasil-sem-miseria>>. Acesso em março de 2012.

SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS-SAEG: versão 9.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2005. CD ROM.

SHEARER, G.; KOHL, D. H. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.699-756, 1986.

SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S.; MELGAR, R. J. Nitrogen supplied to corn by legumes in a Central Amazon Oxisol. **Tropical Agriculture**, v.68, n.4, p.366-372, 1991.

SOARES, A. L. L.; PEREIRA, J. P. A.; FERREIRA, P. A. A ; VALE, H. M. M ; LIMA, A. J.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I-caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.30, n.1, p. 795-802, 2006.

SOBRINHO, F.S, CARNEIRO, H., MAGALHÃES, J. R., MIRANDA, J. E. C., PEREIRA, A. V., LÉDO, F. J. S., REIS, M. C., BRUM, S. S., OLIVEIRA, J. S.; BOTREL, M. A. **Produtividade e qualidade da forragem de *Brachiaria* na região norte fluminense**. Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42., Goiânia. Anais... SBZ. Goiânia. 2005.

SORATTO, R. P., ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SILVA, T. R. B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 01, p. 89-96, 2003.

SPRENT, J. I. Effects of water stress on nitrogen fixation in root nodules. **Plant and Soil** (Spec. Vol.), p.225-228, 1971.

TEIXEIRA, J. P. F. **Translocação de compostos nitrogenados da planta para os frutos em desenvolvimento e acúmulo de substâncias de reserva em grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merr) cv Santa Rosa**. Campinas, UNICAMP. 1984. 167p. (Dissertação. Mestrado)

TEIXEIRA, J. P. F.; SODEK, L. **Translocação de ureídeos e aminoácidos da planta para frutos de soja**. In: REUNIÃO E SIMPÓSIO RELAÇÕES AGUA-PLANTA, 9., Viçosa, 1983. Resumos. Viçosa, Sociedade Latino-americana de Fisiologia Vegetal, p. 10.

THAM, D. M.; GARDENER, C. D.; HASKELL, W. L. Potential health benefits of dietary phytoestrogens: a review of the clinical, epidemiological, and mechanistic evidence. **Journal Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 83, p. 2223-2235, 1998.

TSIEN, H. C.; DREYFUS, B. L.; SCHMIDT, E. L. Initial stages in the morphogenesis of nitrogen-fixing stem nodules of *Sesbania rostrata*. **Journal of Bacteriology**, v. 156, p. 888-897, 1983.

UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; CRAVO, M. S.; SILVA, A. J.; MELO, V. F.; FERREIRA, G. B.; FERREIRA, M. M. M. Fertilidade do solo. In: ZILLI, J.E.; VILARINHO, A.A.; ALVES, J.M.A. (Eds.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima. 2009. p.131- 183.

UNKOVICH, M.; HERRIDGE, D.; PEOPLES, M.; CADISCH, G.; BODDEY, R.; GILLER, K.; ALVES, B.; CHALK, P. **Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems**. Canberra: ACIAR. 2008. 258 p.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Fertilización nitrogenada em sistemas de producción agrícola. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia. 2000. p.77-88.

VIEIRA, R. F. Diversidade e Taxonomia de Rizóbio. In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S (Ed.). **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Instituto Agronômico Campinas (SP), 2007. 312 p.

VIEIRA, C. L.; FREITAS, A. D.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V.; ARAÚJO, M. S. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1170–1175, 2010.

VESSEY, J. K.; PAWLOWSKI, K; BERGMAN, B. Root-based N₂-fixing symbioses: Legumes, actinorhizal plants, *Parasponia* sp. and cycads. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.266, p.205-230, 2004.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Influência da inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v. 38, n.7, p. 2037-2041, 2008.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, v.19, p.25-33, 2006.

ZHANG, F.; DASHTI, N.; HYNES, R. K.; SMITH, D. L. Plant growth promoting rhizobacteria and soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and nitrogen fixation at sub optimal root zone temperatures. **Annals of Botany**, v.77, p.453 - 459, 1996.

ZHANG, W. T.; YANG, J. K.; YUAN, T. Y.; ZHOU, J. C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v.44, p.201-210, 2007.

ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R. R. ; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L; FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.5, p.811-818, 2006.

ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. **BR 3262: nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima. (Comunicado técnico, nº10). 2008. 7p..

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n.4, p. 749-758, 2009a.

ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; MOREIRA, F. M. S.; FREITAS, A. C. R.; OLIVEIRA, L. A. Fixação Biológica de Nitrogênio. In: ZILLI, J.E.; VILARINHO, A.A.; ALVES, J.M.A. (Ed). **A cultura do Feijão-Caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, p.185-221,2009b.