

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS
ENERGÉTICAS E NUCLEARES

**EFEITOS DE ESTIRPES DE RIZÓBIO EM CULTIVARES
DE CAUPI DO AGRESTE PARAIBANO**

CAROLINA DE LUCENA VIEIRA

RECIFE

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CAROLINA DE LUCENA VIEIRA

**EFEITOS DE ESTIRPES DE RIZÓBIO EM CULTIVARES
DE CAUPI DO AGRESTE PARAIBANO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – PROTEN do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração: Aplicação de radioisótopos /Microbiologia do Solo.

ORIENTADOR: PROF. DR. EVERARDO VALADARES S. B. SAMPAIO

CO-ORIENTADORA: PROF.DRA. M^a DO SOCORRO B. DE ARAÚJO

RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL

MARÇO – 2007

V665e

Vieira, Carolina de Lucena.

Efeitos de estirpes de Rizóbio em cultivares de Caupi do agreste Paraibano / Carolina de Lucena Vieira. - Recife: O Autor, 2007.
39 folhas, il : figs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Energia Nuclear, 2007.

Inclui bibliografia e Apêndice.

1. Energia Nuclear. 2. Feijão Macassar. 3. Biomassa da Planta. 4. Vigna Unguiculata. 5. Rizóbio. Título.

UFPE

621.042

CDD (22. ed.)

BCTG/2007-160

EFEITOS DE ESTIRPES DE RIZÓBIO EM CULTIVARES DE CAUPI DO AGRESTE PARAIBANO

Carolina de Lucena Vieira

APROVADA EM: 12.03.2007

ORIENTADOR: Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio
CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. Maria do Socorro Bezerra de Araújo

COMISSÃO EXAMINADORA:


Prof. Dr. Newton Pereira Stamford – DCS/UFPRPE


Profa. Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos – DCS/UFPRPE


Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes – DEN/UFPE

Visto e permitida a impressão


Coordenador do PROTEN/DEN/UFPE

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pernambuco, em especial ao Departamento de Energia Nuclear, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Professor Everardo expresse meu agradecimento e admiração, pelo suporte e confiança durante a elaboração, desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À Professora Socorro, pelas sugestões e pela atenção.

A Kássia, pela amizade, encorajamento e carinho.

A Anderson e toda sua família, pelo amor, ajuda e cuidado.

Ao meu pai pela afetuosa compreensão e incondicional apoio e à minha mãe pelo estímulo.

À minha família e colegas de trabalho pelo incentivo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de nódulos de cada planta, em função da variedade de caupi e da inoculação com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral. 21

Tabela 2 – Biomassa seca (g vaso^{-1}) da parte aérea de plantas de variedades de caupi, inoculadas com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral. 23

Tabela 3 – Biomassa seca (g vaso^{-1}) das raízes de plantas de variedades de caupi, inoculadas com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral. 25

Tabela 4 – Teor (%) de nitrogênio na biomassa seca de plantas das variedades de caupi inoculadas ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral. 27

Tabela 5 – Conteúdo de N (mg vaso^{-1}) de plantas de variedades de caupi, inoculadas com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral. 29

EFEITO DE ESTIRPES DE RIZÓBIO EM CULTIVARES DE CAUPI DO AGRESTE PARAIBANO

RESUMO

A resposta de cultivares locais de caupi à inoculação com estirpes de rizóbios recomendadas pelas instituições de pesquisa e extensão, ainda não está bem estabelecida. Quatro estirpes rizobianas (BR2001, BR3267, EI6 e NFB700) foram avaliadas em seis cultivares (Sedinha, Corujinha, Canapu, Sempre verde, Azul e IPA-206) tradicionalmente plantadas no Agreste Paraibano. Num experimento conduzido em casa de vegetação foram usados vasos de Leonard, com substrato estéril e as plantas, colhidas 40 dias após germinação. BR 3267 e BR 2001 foram as estirpes mais efetivas com todas as variedades, resultando em nodulação, teores e conteúdos de N maiores que os obtidos com EI 6 e NFB 700. Entretanto, quanto à biomassa das plantas, só BR 2001 diferiu significativamente das duas últimas estirpes. NFB 700 e EI 6 apresentaram efeitos positivos apenas com Sedinha e em relação a duas variáveis: número de nódulos e biomassa de parte aérea. IPA-206 não nodulou com EI 6 e mostrou os mais baixos valores de biomassa, teores e conteúdos de N. Em geral, Sempre Verde e Sedinha foram as variedades com os melhores resultados, destacando-se Sempre Verde com boas respostas a inoculação com todas as estirpes.

Palavras-chave: feijão macassar, *Vigna unguiculata*, número de nódulos, biomassa da planta, concentração de N, conteúdo de N.

EFFECTS RHIZOBIUM STRAINS ON COWPEA CULTIVARS FROM THE AGRESTE REGION OF PARAIBA

ABSTRACT

The response of local cowpea cultivars to inoculation with recommended rhizobia strains has not been well established yet. Four rhizobia strains (BR2001, BR3267, EI6 and NFB700) were tested with six cowpea cultivars (Sedinha, Corujinha, Canapu, Sempre verde, Azul and IPA-206) traditionally planted in the Agreste of Paraíba. Leonard pots with sterilized substrate were used under greenhouse conditions. Plants were harvested 40 days after germination. BR 3267 and BR 2001 were the most effective strains with all varieties, resulting in higher nodulation and N concentrations and contents than those obtained with EI 6 and NFB 700. However, in relation to plant biomass, only BR 2001 differed significantly from the last two strains. EI 6 and NFB 700 promoted positive responses only on two Sedinha variables: nodule number and aboveground plant biomass. IPA-206 did not nodulate with EI 6 and showed the lowest biomasses and N concentrations and contents. In general, Sempre Verde and Sedinha were the varieties with the best results, specially the former due to its good responses to inoculation with all strains.

Key-words: macassar beans, *Vigna unguiculata*, nodule number, plant biomass, N concentration, N content.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 O NITROGÊNIO NO SISTEMA SOLO-PLANTA.....	3
2.1.1 O nitrogênio no ambiente.....	3
2.1.2 A importância do N para as plantas	4
2.1.3 A fixação biológica do nitrogênio	5
2.2.1 Distribuição.....	7
2.2.2 Caracterização.....	8
2.2.3 As cultivares de caupi	9
2.2.4 A fixação biológica do nitrogênio em caupi	12
2.3. O RIZÓBIO.....	13
2.3.1 Inoculação com rizóbio: estirpe recomendada ou nativa.....	13
2.3.2 <i>Bradyrhizobium</i> tropical ou Miscelânea caupi	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1 CASA DE VEGETAÇÃO	17
3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
4. RESULTADOS & DISCUSSÃO.....	19
4.1 NÚMERO DE NÓDULOS	20
4.2 BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA	22
4.3 BIOMASSA SECA DAS RAÍZES	24
4.4 TEORES DE NITROGÊNIO.....	25
5. CONCLUSÕES	30
APÊNDICES	38

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nitrogênio, com a exceção da água é geralmente o principal fator limitante para o crescimento de plantas no seu ambiente natural (Franco & Döbereiner, 1994). Apesar de ser requerido em quantidades significativas pelos seres vivos, na natureza este elemento é encontrado em abundância em formas quimicamente muito estáveis e, portanto, sua pronta assimilação pela maioria dos seres vivos é limitada, requerendo sua transformação para uma forma combinada que facilite sua assimilação. Para suprir as necessidades das culturas são aplicadas grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados. Estas aplicações podem resultar na contaminação dos mananciais aquíferos com nitrato. Uma forma mais adequada, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, é a fixação biológica do N_2 atmosférico (FBN) pela simbiose leguminosa/rizóbio.

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) tem relevante importância econômica no Nordeste brasileiro, por ser uma das principais culturas de subsistência e base alimentar, sobretudo para a população rural de baixa renda da região (Freire Filho et al., 2000). Essa leguminosa apresenta rusticidade, tolerância às adversidades para se desenvolver em ambientes desfavoráveis e capacidade de interagir com microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, estabelecendo simbiose. Entretanto, ainda se constata baixa produtividade do caupi plantado na região e ausência do uso de inoculantes nas sementes. Por ter a capacidade de ser nodulado por uma ampla faixa de rizóbios, o caupi pode ser usado como planta-isca em estudos sobre a população de bactérias presentes nos solos, a fim de se obterem dados sobre sua efetividade na nodulação, competitividade na fixação biológica do nitrogênio e até selecionar isolados com características interessantes e

possam conferir aumento na produtividade sem elevar os custos com adubação nitrogenada. Essa interação via utilização de inoculantes, também pode permitir acréscimo de rendimento da cultura para a substituição, total ou parcial, dos adubos nitrogenados, desde que supra a cultura com o N necessário para o seu crescimento e desenvolvimento, além de diminuir os custos de produção e economizar combustíveis fósseis utilizados para a fabricação de fertilizantes nitrogenados (Soares et al., 2006).

Certamente, o uso de adubos nitrogenados não poderá ser substituído pela FBN, nem esta pelos adubos, no contexto da produção agrícola: ambos devem ser complementares. O grande desafio para a pesquisa é aumentar a participação da FBN nos sistemas produtivos, garantindo-lhes a produtividade e a sustentabilidade (Franco & Baliero, 1999).

Novas linhas de pesquisa poderão ser desenvolvidas no sentido de buscar estirpes competitivas e capazes de nodular leguminosas tropicais. Entretanto, indubitavelmente, a principal e mais nobre de todas será a recomendação de cultivares melhoradas, altamente específicas, capazes de responderem a inoculação, mesmo em solos com população de rizóbio estabelecida, obtendo assim todo o N necessário para seu crescimento e desenvolvimento, exclusivamente através da FBN (Xavier, 2000).

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas neste sentido, mas há poucos estudos relacionando variedades de caupi tradicionalmente cultivadas, com estirpes eficientes de rizóbio, competitivas e selecionadas para recomendação de uso na associação com o feijão *Vigna*. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de quatro estirpes de rizóbio,

inicialmente recomendadas para a cultura do caupi, em seis variedades de feijão amplamente cultivadas no Agreste paraibano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O NITROGÊNIO NO SISTEMA SOLO-PLANTA

2.1.1 O nitrogênio no ambiente

O nitrogênio é um elemento abundante em toda biosfera (Gresshoff, 1990), integra 78% da atmosfera terrestre e é um dos principais constituintes das biomoléculas, essencial à sobrevivência e crescimento dos organismos vivos (Newton, 2000).

De maneira geral, todos os compostos nitrogenados encontrados na natureza estão de algum modo interligados e encontram-se em equilíbrio dinâmico entre formas livres e fixadas, fluindo dentro e fora do sistema solo-planta-atmosfera. O nitrogênio do solo é oriundo da fixação do N_2 atmosférico, quer seja por processo biológico, industrial ou eletroquímico. O balanço de entrada (fixação) e saída (colheita, erosão e desnitrificação) desse nutriente no solo, que constitui o ciclo biogeoquímico do nitrogênio, deve se manter equilibrado para não afetar a sobrevivência dos demais organismos vivos existentes.

Formas orgânicas de nitrogênio são abundantes nos solos, entretanto indisponíveis às plantas. Uma vez que as reservas minerais desse elemento são relativamente raras

(Newton, 2000), tornam-se muito importantes os microrganismos responsáveis por carrear o nitrogênio para dentro da cadeia alimentar, através dos processos de transformação do N nos solos. Na maioria dos solos agrícolas existe uma conversão contínua de nitrogênio orgânico a nitrato, durante a decomposição da matéria orgânica. Como as plantas podem incorporar o nitrogênio a partir da absorção de nitratos, os fertilizantes nitrogenados viabilizam a nutrição vegetal, disponibilizando estes nutrientes no solo. Entretanto, a assimilação dos compostos nitrogenados disponíveis deve ser rápida, para que não ocorra poluição ambiental, em decorrência da lixiviação dos nitratos para o lençol freático, atingindo os rios e lagos e trazendo conseqüências nefastas aos animais e ao homem, já que o nitrato é tóxico em concentrações relativamente baixas.

2.1.2 A importância do N para as plantas

A reação de redução de nitrogênio atmosférico a amônia – fixação do nitrogênio – requer uma energia de ativação extremamente alta, não ocorrendo espontaneamente sem a presença de catalisadores adequados. A principal finalidade da amônia produzida é a fabricação de fertilizantes e mais de 100 milhões de toneladas são anualmente usados na agricultura. Tal demanda implica grandes custos financeiros, energéticos e, sobretudo, ambientais (Newton, 2000).

Dos nutrientes minerais o nitrogênio é o mais caro, o que consome mais energia e potencialmente o mais poluente, sendo geralmente o mais limitante à produção vegetal (Franco & Baliero, 1999). No entanto, a incorporação do N atmosférico por alguns microrganismos, os diazotróficos, ao sistema solo-planta-animal, já era conhecida desde o início do século XX e muitos investimentos já foram efetuados visando entender e

maximizar a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a produção de alimentos. Apesar disso, para atender ao aumento da produção de alimentos no mundo, tem sido enfatizado o uso de adubos nitrogenados. O Brasil é a grande exceção desse cenário, pois é onde se usa menos nitrogênio mineral em relação aos demais nutrientes, assumindo uma postura de vanguarda, na busca de novas alternativas de produção, mais adequadas às condições tropicais (Franco & Baliero, 1999).

2.1.3 A fixação biológica do nitrogênio

Na natureza, somente um pequeno número de microrganismos, denominados diazotróficos ou fixadores de nitrogênio, é capaz de reduzir nitrogênio atmosférico a amônia. Esse processo é chamado de fixação biológica do nitrogênio (FBN) e é realizado pelo complexo protéico da enzima nitrogenase (Eady & Postgate, 1974). A participação da FBN no ciclo biogeoquímico do nitrogênio é importante, na medida em que a atividade das bactérias diazotróficas representa cerca de 60% do nitrogênio anualmente fixado na Terra (Kim & Rees, 1994). Além disso, a FBN é o processo primário através do qual o nitrogênio, quimicamente indisponível para a maioria dos organismos, torna-se fisiológica e metabolicamente disponível, inicialmente sob a forma de amônia e, posteriormente, como nitritos, nitratos e óxido nítrico (Ferguson, 1998).

O sistema mais perfeito, capaz de substituir os processos químicos de fixação de nitrogênio e produção de fertilizantes, é a simbiose entre as leguminosas e as bactérias diazotróficas (Döbereiner, 1992). Segundo Neves & Rumjanek (1998), a fixação biológica do nitrogênio tem representado grande importância para a agricultura, pois muitas plantas cultivadas têm em suas raízes uma população ativa de microrganismos diazotróficos em

associação mutuamente benéfica. A fixação biológica de nitrogênio atmosférico pela simbiose entre o rizóbio e as leguminosas representa uma importante alternativa para o aumento da produtividade agrícola. Por outro lado, para que se alcancem os benefícios na simbiose, é necessário que a planta esteja eficientemente nodulada, o que depende de uma série de fatores relacionados com a planta, a bactéria, o solo e a interação entre eles, que precisam ser bem estudados (Martins, 1996).

Devido à sua importância econômica, os estudos sobre a interação rizóbio-leguminosa têm tido um bom suporte financeiro em diversas partes do mundo, quando comparados com as demais áreas da pesquisa agrônômica, sendo atualmente a interação planta-microrganismo mais bem investigada (Straliotto & Rumjanek, 1999).

Outro aspecto interessante é a baixa resposta comumente encontrada à adubação nitrogenada em feijoeiro. Isto pode ter várias causas, mas uma delas é a ausência de rizóbio eficiente no solo. Entretanto, mesmo para esta cultura onde a inoculação não é difundida, a FBN tem grande importância. Sua contribuição pode ser aumentada pela seleção de cultivares com maior capacidade para nodulação e eliminação dos estresses ambientais e de solo, que geralmente limitam a nodulação e fixação de N_2 nesta cultura. O fato de o feijoeiro ser cultura de subsistência evidencia a importância sócio-econômica deste processo (Siqueira & Franco, 1988).

2.2 A CULTURA DO FEIJÃO CAUPI

2.2.1 Distribuição

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de ampla distribuição mundial encontrada principalmente nas regiões tropicais do planeta, cujas características edafoclimáticas assemelham-se às do seu provável berço de origem, a África (Mousinho, 2005). Aproximadamente 12,5 milhões de ha constituem a área ocupada com feijão caupi no mundo, dos quais 64% são na África e o restante na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pela Europa, Estados Unidos e Oceania. Entre todos os países, os principais produtores mundiais são Nigéria, Níger e Brasil (Quin, 1997).

No Brasil, embora os dados do IBGE (2002) referentes à produção nacional de feijão englobem as espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus vulgaris*, estima-se que são cultivados em todo o território nacional um pouco menos de 1,5 milhões de hectares de caupi

Devido às condições de adaptabilidade e do hábito alimentar da população, o feijão caupi é cultivado predominantemente nas regiões Norte e Nordeste, alcançando quase a totalidade das áreas plantadas com feijão no Amazonas, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão (Santos et al., 2000). Os três últimos estados, junto com a Bahia, detêm o status de maiores produtores da região e apresentam as maiores áreas plantadas no Norte/Nordeste (Andrade Júnior et al., 2003). Recentemente, o caupi vem sendo introduzido também nos Cerrados do Piauí e Maranhão, principalmente por sua compatibilidade com o sistema de rotação de cultura, o regime pluviométrico regional (Zilli et al., 2006) e a cada ano a

estrutura tradicional de produção e o mercado restrito vêm-se modificando, tornando-se hoje cultivado também por médios e grandes produtores, com maior adoção de tecnologia (Soares et al., 2006).

O Nordeste é responsável por quase toda a produção nacional de grãos de caupi. No Estado da Paraíba é cultivado em todas as microregiões, detendo 75% das áreas plantadas com feijão (Oliveira et al., 2002), cultivado principalmente por agricultores familiares, tanto como cultura de subsistência quanto comercial (Dantas et al., 2002).

2.2.2 Caracterização

Entre as leguminosas, o feijão-caupi é uma importante fonte alimentar, contendo bons níveis de carboidrato, proteínas, vitaminas e minerais. Seus grãos possuem teor protéico da ordem de 20% a 30% (Silva et al., 2002) e, devido ao seu valor nutritivo, constituem um dos principais itens da alimentação nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Dantas et al., 2002). Em especial, na zona rural e no sertão semi-árido predomina o cultivo do caupi para a produção de grãos, secos e verdes, visando o consumo humano *in natura*, na forma de conserva ou desidratado (Andrade Júnior et al., 2003), sendo aproveitados também os caules e ramos na alimentação animal (Silva & Oliveira, 1993). Nessas regiões, esta cultura representa um papel importante também na geração de emprego para a população de baixa renda além de compor a dieta de pelo menos 27,5 milhões de pessoas (Freire Filho et al., 2000).

Características agronômicas desejáveis como ciclo curto, baixa exigência hídrica e reconhecida capacidade para se desenvolver satisfatoriamente em solos de baixa fertilidade conferem rusticidade ao feijão-caupi, que consegue produzir bem mesmo em circunstâncias

desfavoráveis de água e de solo. Tais características justificam a ampla dispersão da espécie em áreas consideradas agronomicamente marginais (Andrade Júnior et al., 2003; Mafra, 1979) e fazem do caupi uma fonte de matéria orgânica útil como adubo verde na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade ou esgotados pelo uso intensivo, fato muito comum na região (Oliveira & Carvalho, 1988). Contudo, mesmo sendo o caupi uma cultura tropical compatível com as condições ecológicas locais, ainda apresenta baixa produtividade, tanto no sistema de plantio isolado como no consorciado (Miranda et al., 1996), principalmente por predominarem as lavouras conduzidas sob dependência das chuvas (Paiva et al., 1977; Martins, 1996). Dentre as principais causas que limitam a produtividade do feijão-caupi no Nordeste, merece destaque o emprego de cultivares tradicionais com baixa capacidade produtiva (Aquino & Nunes, 1983), razão pela qual Maia et al. (1996) admitiram que o aumento de produtividade pode ser alcançado mediante a utilização de sementes de qualidade superior. Oliveira et al. (2002) sugeriram um programa nacional visando a avaliação e recomendação de cultivares em ambientes específicos, o que proporcionaria maior segurança ao produtor, facilitando a obtenção de crédito e aceitação do produto no mercado.

2.2.3 As cultivares de caupi

A escolha correta da cultivar para um determinado ambiente e sistema de produção é de grande importância para a obtenção de uma boa produtividade. Contudo, também é necessário que a cultivar tenha características de grão e de vagem que atendam às exigências de comerciantes e consumidores (Freire Filho et al., 2000).

Os aspectos considerados na adoção de uma variedade incluem ciclo, arquitetura da planta, resistência a doenças e tipo de produção, que devem ser adequados às necessidades de cada produtor. O conhecimento da variabilidade genética e da relação entre diferentes variedades de caupi é importante para maximizar o uso dos recursos genéticos disponíveis. A maioria das variedades locais brasileiras pertence apenas a um grupo, o que sugere uma limitação da base genética, com menor número de características agronômicas superiores que atendam aos interesses regionais específicos (Xavier et al., 2005). Nas áreas semi-áridas, suscetíveis à distribuição irregular das chuvas, há demanda por cultivares mais rústicas, tolerantes ao estresse hídrico e com maior capacidade de recuperação após uma estiagem (Andrade Júnior et al., 2003). Entretanto, observa-se no caupi uma grande variabilidade fenotípica (Bezerra, 1997), o que tem permitido a seleção de genótipos adaptados a condições climáticas específicas e adequados à culinária regional. No Semi-árido, o germoplasma utilizado por pequenos e médios produtores possui uma variabilidade genética imensa, que pode ser observada a partir dos diferentes tipos de grãos encontrados nas feiras livres e nos mercados das médias e grandes cidades (Andrade Júnior et al., 2003).

Misturas varietais com cinco ou mais componentes; crescimento indeterminado e porte semi-prostrado ou prostrado; ciclo médio (71 a 90 dias); folhas globosas; vagens no nível ou acima da folhagem; comprimento médio de vagem em torno de 18 cm; número médio de grãos por vagem (em torno de 14); peso médio de 100 grãos (em torno de 19 g) são características predominantes nas cultivares locais (Freire Filho et al., 1981). Os nomes destas cultivares comumente são dados em função de alguma característica que nelas se destacam, em geral relacionadas à cor ou forma dos grãos. Com base numa portaria do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o feijão-caupi pertence ao Grupo II (Feijão-de-corda, feijão-caupi ou feijão-macassar, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

com as classes: Branco, Preto, Cores e Misturado (Brasil, 2002) e suas subclasses: Brancão, Branca e Fradinho; Mulato, Canapú, Sempre-verde, Vinagre, Corujinha, Azulão, Manteiga, Verde e Carioca (Freire Filho et al., 2000).

De acordo com Xavier et al. (2005) a crescente participação do caupi no cenário global exige novos investimentos, tanto do ponto de vista de melhoramento vegetal como da introdução de novas tecnologias que possam otimizar o potencial genético da espécie, a partir da variabilidade genética disponível, produzindo-se genótipos adaptados a diferentes regiões e ecossistemas brasileiros.

Inicialmente, o melhoramento do feijão-caupi foi voltado primordialmente para o aumento da produtividade e mais tarde, para a resistência a doenças. Atualmente, além dessas duas características está sendo dada uma grande ênfase à qualidade de grão e à arquitetura da planta. Mas, para se obter a variedade ideal, é necessário inicialmente reunir as características agrônomicas desejadas de outras cultivares em uma única planta, através de manipulações genéticas. E como as exigências dos produtores, comerciantes e consumidores são dinâmicas, busca-se o aperfeiçoamento da exploração, da produtividade e da qualidade de novas cultivares, criadas mediante um trabalho permanente de seleção (Andrade Júnior et al., 2003).

Segundo Oliveira et al. (2002), ainda são escassos os trabalhos de melhoramento de feijão caupi no Brasil e as cultivares disponíveis estão sendo utilizadas indiscriminadamente, desconsiderando-se as suas possíveis diferenças de comportamento nas diversas regiões de cultivo. Antes disso, é aconselhável que se realizem estudos regionais visando selecionar genótipos superiores tanto para o cultivo como para uso em programas de melhoramento genético.

2.2.4 A fixação biológica do nitrogênio em caupi

Soares et al. (2006) afirmaram que a importância do caupi para as regiões Norte e Nordeste é de ordem nutricional, social, econômica e estratégica, por isso é uma cultura que vem ultrapassando as barreiras regionais com ampla perspectiva no agronegócio brasileiro, além de interagir com bactérias fixadoras de N atmosférico, que pode contribuir para aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção.

A simbiose entre o rizóbio e a leguminosa é vista como uma associação ecologicamente mutualística, onde ambos organismos se beneficiam da relação. Contudo, os passos fundamentais para o estabelecimento da simbiose podem ser resumidos em pré-infecção, quando há interação entre as superfícies dos organismos simbiotes; Infecção da planta pela bactéria e formação do nódulo; Funcionamento dos nódulos e fixação de nitrogênio. Todas as etapas dependem dos genótipos da planta e da estirpe envolvida, além dos fatores ambientais.

Por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*, o caupi apresenta habilidade para fixar nitrogênio do ar (Andrade Júnior et al., 2003). Contudo, a associação caupi/ rizóbio apresenta baixa especificidade, fato relacionado com a promiscuidade da simbiose entre plantas de caupi e estirpes de rizóbio nativas dos solos tropicais (Neves & Rumjanek, 1997). A eficiência das bactérias fixadoras de nitrogênio, que estabelecem simbiose com leguminosas, e sua capacidade de sobreviver e formar nódulos no solo dependem de fatores genéticos inerentes aos simbiotes e da interação com fatores edafoclimáticos (Moreira & Siqueira, 2002). A diversidade, inclusive de leguminosas, encontrada nos vários sistemas de uso da terra pode abrigar também uma

grande variabilidade de rizóbios (Moreira et al., 1993; Pereira, 2000), adaptados a condições predominantes nos solos brasileiros.

A agricultura sustentável, ou gerenciamento harmônico da produção agrícola emergiu nas últimas duas décadas como um novo desafio da agricultura e trouxe a promessa de aumentar a lucratividade e os benefícios ao ambiente. Porém, avanços na agricultura sustentável requerem incremento na utilização da FBN como a mais importante fonte de N para as plantas. A relação solo-planta-atmosfera é o principal fator a ser considerado na sustentabilidade agroecológica, por ser a base da produção de alimentos para a humanidade. Um dos requisitos para o sucesso da agricultura sustentável é o conhecimento da variabilidade do solo para o manejo eficiente na aplicação de fertilizantes. É irreal considerar a agricultura sustentável desvinculada da relevância da FBN no suprimento de N para as plantas como uma das alternativas ao uso de insumos agrícolas. O desenvolvimento de métodos e sistemas que minimizem o uso de N mineral e maximizem a produção de alimentos deve ser priorizado, desde que haja vantagens e retorno econômico, com redução nos custos de produção e aumento no rendimento (Carvalho, 2002).

2.3. O RIZÓBIO

2.3.1 Inoculação com rizóbio: estirpe recomendada ou nativa

O uso de inoculantes rizobianos em leguminosas de grãos tem sido responsável por expressivas economias no custo da produção agrícola, por meio da redução do uso de adubos minerais nitrogenados, advinda dos benefícios do processo da FBN (Rumjanek et al., 2005).

Já se sabe que determinadas estirpes de rizóbio e algumas espécies de leguminosas podem variar de extremamente específicas a altamente promíscuas. A ausência ou o baixo número de estirpes específicas de determinado hospedeiro no solo ou a presença de populações eficazes que podem competir pelos sítios de nodulação com estirpes eficientes, tornam necessária a inoculação com estirpes selecionadas quanto à eficiência, competitividade e adaptação às condições edafoclimáticas locais. Quando a espécie nodulífera é promíscua, como o caupi, torna-se mais difícil a introdução, estabelecimento e desenvolvimento da simbiose com populações eficientes. Portanto, este tem sido um dos principais entraves à maximização da FBN nesta cultura (Moreira & Siqueira, 2002). Na cultura do caupi, a inoculação das sementes não é uma prática adotada e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) é decorrente da nodulação por estirpes nativas (Martins et al., 2003). Todavia o caupi também responde à inoculação por estirpe recomendada, como a BR2001/SEMIA 6145 (Relare, 2004), que pertence ao gênero *Bradyrhizobium* e Miscelânea caupi (Neves & Rumjanek, 1997; Moreira & Siqueira 2002), considerada bastante promíscua.

Na verdade, existe uma lacuna no conhecimento das estirpes de rizóbio que nodulam caupi e outras leguminosas de clima tropical, que sejam efetivas fixadoras de nitrogênio. Sabe-se apenas que quando efetivamente nodulado, o caupi pode obter, da simbiose com o rizóbio, o nitrogênio necessário para altas produções, por intermédio da FBN (Neves et al., 1982; Minchin et al., 1981), dispensando assim, os custos com fertilizantes nitrogenados. Entretanto, apesar de não haver estimativa em termos econômicos da contribuição da FBN, sua importância é pertinente para a manutenção da produtividade nas lavouras de subsistência, em que a adubação nitrogenada mineral não é prática utilizada (Martins et al., 2003).

Portanto, é essencial uma avaliação sobre a eficiência das estirpes presentes nos solos tropicais, tradicionalmente cultivados com esta leguminosa, e sobre o estabelecimento de estirpes eficientes de rizóbio que possam aumentar a produtividade da cultura sem aumentar o custo de produção (Hungria e Neves, 1987; Gibson & Harper, 1985), sejam essas estirpes nativas ou recomendadas. O ideal é que atendam a demanda por insumo biológico com eficiência e competitividade.

2.3.2 *Bradyrhizobium* tropical ou Miscelânea caupi

As bactérias que nodulam caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pertencem ao grupo “miscelânea caupi”, e sob a denominação de *Bradyrhizobium* sp, está agrupado um número grande de estirpes capazes de nodular diversas espécies de leguminosas herbáceas comuns nas regiões tropicais. Esse grupo heterogêneo de rizóbio, capaz de infectar as raízes de uma faixa muito ampla de leguminosas, caracteriza-se por ter crescimento lento e alcalinização do meio de cultura (Jordan, 1984; Martins, 1996). Por essa razão, o caupi se presta como planta-isca para determinação da diversidade de rizóbio, haja vista a sua ampla distribuição.

Por outro lado, a promiscuidade das estirpes dificulta a introdução de estirpes selecionadas, limitando a contribuição potencial da fixação de nitrogênio no caupi, uma vez que essas estirpes são incapazes de competir com estirpes de rizóbio nativas e/ou com a microbiota do solo.

As estirpes de rizóbio com baixa especificidade simbiótica são mais comuns nos trópicos do que em regiões temperadas. No entanto, como foi visto no trabalho de Martins et al. (1997), bactérias de crescimento rápido também nodularam e promoveram grande aporte de nitrogênio em plantas de caupi, ampliando, portanto, a faixa de rizóbio nodulando

essa cultura e despertando interesse no estudo dos aspectos ecológicos que possam vir a aperfeiçoar a relação entre os simbiosíontes. Ainda no mesmo trabalho, Martins et al (1997), utilizando caupi como planta isca, estudaram uma coleção de isolados provenientes de solos da Zona da Mata, Agreste e Sertão nordestinos. Este material revelou uma grande diversidade dos microrganismos coletados em cada região e sua posterior análise revelou uma proporção crescente de isolados de crescimento rápido, indo do litoral (clima ameno com regime de chuvas regulares) para o interior (região semi-árida), indicando uma possível capacidade de maior sobrevivência do rizóbio de crescimento rápido em regiões de clima mais árido. Essa alta incidência de rizóbio de crescimento rápido em regiões áridas sugere que eles são melhores sobreviventes do que as estirpes de rizóbio de crescimento lento (Sprent, 1994).

A avaliação de populações nativas de rizóbio permite a seleção de estirpes eficientes já adaptadas à condição local, que atendam aos requerimentos específicos desta leguminosa, e assim possa expressar o seu máximo potencial produtivo. A identificação de estirpes de rizóbio eficientes no fornecimento do nitrogênio necessário ao desenvolvimento adequado das plantas resultará em aumento de produtividade sem o recurso da aplicação de insumos nitrogenados nas lavouras, representando uma diminuição nos custos de produção.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, no Recife. Constou de três blocos casualizados, com arranjo fatorial 6 x 6, sendo seis variedades de feijão e quatro cepas de rizóbio mais um tratamento com adubação mineral nitrogenada e outro sem adubação nitrogenada.

As cultivares escolhidas foram a IPA-206, recomendada para Pernambuco, e cinco locais (Sedinha, Corujinha, Canapú, Sempre Verde e Azul), selecionadas pela ONG AS-PTA como as mais importantes nas comunidades de agricultores familiares do Agreste da Paraíba.

As quatro cepas foram as estirpes de referência BR2001 e BR3267 (oriundas de coleção de culturas do laboratório da Embrapa Agrobiologia), EI6 (oriunda de coleção de culturas do laboratório de biologia do solo do IPA-PE) e NFB700 (oriunda de coleção de culturas do laboratório de microbiologia do solo da UFRPE).

O experimento foi montado utilizando-se vasos de Leonard (Vincent, 1970) modificados: acrescidos de um canudo (tubo plástico de 20 cm) para reposição de solução nutritiva. Cada vaso continha areia lavada e vermiculita na proporção de 2:1, ambas previamente autoclavadas.

Antes do plantio, procedeu-se a desinfestação das sementes imergindo-as por 1 minuto no álcool a 70 %, 30 segundos no hipoclorito de sódio a 30 % e, por último,

lavando-as sete vezes sucessivas com água destilada. Foram semeadas seis sementes diretamente nos vasos e a cada um adicionaram-se semanalmente 500 ml de solução nutritiva (Norris, 1964) modificada, preparada com 11,76 g de cloreto de cálcio dihidratado em substituição aos 13,76 g de sulfato de cálcio dihidratado para cada vinte litros de solução.

A inoculação com rizóbio foi realizada 14 dias após o plantio. Para tanto, acrescentaram-se 5 ml da suspensão bacteriana por vaso, crescida em meio 79 (Fred & Walksman, 1928) líquido, sob agitação mecânica durante 72 h, a 30 °C, com pH ajustado em 6,8 e contendo azul de bromotimol.

Nos vasos controle, usados como testemunha absoluta, e nos inoculados com rizóbio não houve adição de nitrogênio na solução. Já aqueles tomados como testemunhas nitrogenadas receberam 300 mg/l de nitrato de amônio. As testemunhas nitrogenadas e as absolutas não foram inoculadas com rizóbio.

O desbaste foi realizado após oito dias da inoculação, mantendo-se apenas duas plantas em cada vaso. A solução nos vasos foi completada periodicamente, de forma que as plantas não sofressem deficiência hídrica. As plantas foram colhidas quarenta dias após o plantio e tiveram a parte aérea separada das raízes. No material radicular foram contados nódulos. Ambas as partes foram secas em estufa a 60°C durante 48h e pesadas. Após a obtenção da biomassa de matéria seca da parte aérea, as amostras foram moídas para a determinação do teor de nitrogênio total. A concentração de N total das plantas foi quantificada pelo método Micro-Kjedhal, segundo as normas da AOAC (1975), no laboratório de análises do IPA, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Os conteúdos de N foram calculados multiplicando-se as massas das plantas de cada vaso pelo seu teor de N.

3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para estimar o efeito de cada tratamento sobre as variedades, foram determinados os valores médios das amostras por parcela. O teor de N na matéria seca, expresso em percentagem, foi transformado em $\arcsin(x/100)^{1/2}$. Os números de nódulos por raiz sofreram transformação radicial para $(x+1)^{1/2}$, a fim de normalizar a sua distribuição por serem dados de variável discreta (Sampaio, 1998). Os demais parâmetros avaliados foram o conteúdo de N (mg), peso da biomassa seca da parte aérea (g) e peso da biomassa seca da raiz (g) por vaso. Utilizou-se o programa *Statistica* (Statsoft, 1995), submetendo-se os dados a análise de variância e comparando-se as médias pelo teste de Tukey no nível de 5 % de probabilidade. Quando a interação variedades X estirpes não foi significativa, as comparações foram feitas apenas com as médias gerais. Quando a interação foi significativa, as comparações foram feitas tanto das variedades dentro de cada tratamento de estirpes ou testemunhas quanto destes tratamentos dentro de cada variedade.

4. RESULTADOS & DISCUSSÃO

Nos testes sobre número de nódulos e massas de matéria seca de parte aérea e de raiz não houve efeito significativo das interações, ou seja, em geral, os efeitos das estirpes recomendadas e das testemunhas absoluta e nitrogenada tiveram o mesmo padrão em todas as variedades de feijão caupi. Por isso, são discutidas apenas as médias gerais dos tratamentos, exceto para realçar algum efeito que, embora não significativo no contexto geral, tenha parecido interessante. Quanto à capacidade de promover incremento no teor e no conteúdo de nitrogênio na biomassa das plantas estudadas, as interações foram

significativas e os resultados foram analisados com mais detalhes. A interação significativa indica que, neste caso, uma variedade teve desempenho melhor com uma estirpe enquanto outra variedade teve melhor desempenho com uma estirpe diferente.

4.1 NÚMERO DE NÓDULOS

As variedades Sedinha e Sempre Verde apresentaram os maiores números de nódulos, diferindo significativamente de Corujinha, Azul e IPA-206 (Tabela 1). Canapu ocupou uma posição intermediária e não diferiu significativamente de nenhuma outra variedade.

A inoculação com BR 3267 gerou os maiores números de nódulos, diferindo de todas as outras estirpes (Tabela 1). Seguiram-se as estirpes BR 2001 e NFB 700 que produziram mais nódulos que a EI 6. O resultados desta última estirpe foram muito baixos, sua média geral não diferindo das médias das testemunhas (Tabela 1). A estirpe EI 6 apresentou um desempenho tão negativo na indução da nodulação que não chegou a formar nódulos quando inoculada na variedade de caupi IPA-206.

A produção de nódulos nas testemunhas, tanto absoluta quanto nitrogenada, não era esperada, já que não foram inoculadas e tomaram-se todas as precauções de esterilização das sementes e de todos os substratos. Em geral, os números de nódulos foram baixos mas os de Sempre Verde com o tratamento de adubação mineral ficaram próximos dos mais baixos obtidos com as três melhores estirpes. Não se sabe a origem das bactérias que formaram nódulos nos tratamentos controle, mas é possível que tenham sido trazidas por formigas que circularam pelos vasos antes que fossem tomadas providências para evitar sua subida às mesas onde foi montado o experimento. Estes baixos números de nódulos não

prejudicaram a análise da nodulação com as estirpes mais eficientes. Já a semelhança de valores com os nódulos formados com a inoculação com EI 6 impede uma avaliação adequada. Definitivamente esta estirpe não foi muito eficiente com nenhuma das variedades, mas com valores semelhantes aos controles, não se pode ter certeza até se contribuiu para a formação dos nódulos de quaisquer delas.

Tabela 1 - Número de nódulos de cada planta, em função da variedade de caupi e da inoculação com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral.

Variedade	BR2001	BR3267	EI6	NFB700	N mineral	Testemunha	Média
Sedinha	159	145	44	100	7	17	79 a
Corujinha	56	90	7	71	8	9	40 b
Canapú	91	160	17	100	2	6	63 ab
SempreVerde	137	192	48	52	45	1	79 a
Azul	49	127	19	79	8	13	49 b
IPA - 206	89	61	0	66	3	17	39 b
Média	97 B	130 A	22 C	78 B	12 C	10 C	

Médias na mesma coluna seguidas por letras minúsculas iguais e na mesma linha seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos nódulos, o rizóbio, na forma pleiomórfica (bacteróide) está normalmente envolvido na fixação do nitrogênio atmosférico dentro de uma forma combinada (amônia), que pode ser utilizado pela planta hospedeira (Marin et al., 1991). A capacidade de nodulação e a capacidade de fixar N atmosférico em leguminosas são eventos distintos e complexos porque a eficiência não é determinada exclusivamente pela variedade da leguminosa nem apenas pela estirpe de rizóbio, mas pela interação entre os simbiossistemas (Pacovski et al., 1984; Hungria & Ruschel, 1987). Esses resultados evidenciam a importância de se considerar tanto a estirpe de rizóbio quanto a variedade de feijão, nos programas visando otimização da FBN no sistema rizóbio-leguminosa. (Carvalho, 2002).

Assim, os dados sobre nodulação não são suficientes para afirmar que o tratamento com a estirpe BR 3267, que promoveu a maior nodulação média entre as cultivares avaliadas, é definitivamente a melhor alternativa de inoculação para resultados positivos acerca de características agronômicas pretendidas para o caupi, como o aumento de produtividade, por exemplo.

4.2 BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA

Não houve diferença significativa para a produção de matéria seca quanto à interação entre os tratamentos e variedades. Nos tratamentos adubados com N mineral encontraram-se as maiores médias gerais para todas as variedades (Tabela 2). As formas minerais, como as dos fertilizantes nitrogenados, são as assimiláveis com maior rapidez pelas plantas (Carvalho, 2002), justificando os resultados obtidos com o tratamento com aplicação de N mineral. O fato da inoculação com qualquer estirpe não ter resultado em produções tão altas quanto as do tratamento com N mineral indica que elas não devem ter provido N às plantas em quantidades similares às da adubação e que as plantas devem ter ficado ainda carentes em N, em seu desenvolvimento. Deve-se levar em conta que o efeito da inoculação é mais lento que o da adubação, dependendo de todo o processo de infecção e formação dos nódulos, antes que a fixação do N₂ atmosférico comece a contribuir com a nutrição das plantas. É possível que se o experimento tivesse se prolongado mais, dando mais tempo para o estabelecimento do processo de fixação, o desempenho das plantas inoculadas ficasse mais semelhante ao das adubadas.

Dentre os tratamentos com inoculante, a estirpe BR 2001 apresentou os melhores resultados, não diferindo significativamente da BR 3267 (Tabela 2). Segundo os dados

gerados por Zilli et al. (2006), a inoculação com BR 3267 resultou em incremento de matéria seca de 15% em relação à inoculação com a BR 2001, entretanto as médias de ambas não diferiram significativamente. No presente estudo, o tratamento com inoculação com BR 3267 não diferiu dos inoculados com as outras duas estirpes (NFB 700 e EI 6) e nem da testemunha absoluta. Comparando estes resultados com os de números de nódulos, pode-se ver que não são coincidentes, mas apontam tendências. A vantagem em número de nódulos dos tratamentos com a BR 3267 não se traduziu em maior produção de biomassa de parte aérea que as das plantas inoculadas com BR 2001; no entanto, estes dois tratamentos que tiveram mais nódulos também foram os que produziram maior biomassa de parte aérea. Já o maior número de nódulos das plantas inoculadas com NFB 700, em relação aos dos tratamentos inoculado com EI 6 e testemunha absoluta, não resultou em acréscimo de produção de biomassa. A ausência de nódulos nas plantas de IPA – 6 inoculadas com EI 6 coincidiu com a menor produção de biomassa, em valores absolutos.

Tabela 2 – Biomassa seca (g vaso⁻¹) da parte aérea de plantas de variedades de caupi, inoculadas com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral.

Variedade	BR2001	BR3267	EI6	NFB700	N mineral	Testemunha	Média
Sedinha	1,28	1,00	1,25	0,92	2,37	1,12	1,32 a
Corujinha	1,38	1,21	0,88	0,87	1,90	1,17	1,24 ab
Canapú	0,95	1,11	0,96	0,94	1,32	1,01	1,05 b
SempreVerde	1,21	1,24	1,12	1,04	1,85	0,94	1,23 ab
Azul	1,33	1,21	1,23	1,25	1,81	1,37	1,37 a
IPA - 206	1,27	1,08	0,59	0,79	1,61	0,92	1,04 b
Média	1,24 B	1,14 BC	1,00 C	0,97 C	1,81 A	1,09 BC	

Médias na mesma coluna seguidas por letras minúsculas iguais e na mesma linha seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As variedades Sedinha e Azul tiveram os melhores resultados, superando Canapú e IPA – 206. Corujinha e Sempre Verde ocuparam posições intermediárias, não diferindo de nenhuma outra variedade. Juntando com os resultados de nódulos, Sedinha destaca-se por ter ficado sempre nos primeiros lugares.

4.3 BIOMASSA SECA DAS RAÍZES

As massas de raízes das variedades apresentaram o mesmo padrão em relação à inoculação ou tratamentos controle (Tabela 3), ou seja, a interação variedades x inoculação ou testemunhas não foi significativa. Também não houve diferenças significativas quanto às médias gerais dos tratamentos com inoculação e testemunhas nitrogenada e absoluta e nem quanto às médias gerais das variedades. A ausência de diferenças significativas limita a análise dos resultados.

Os valores da biomassa das raízes foram semelhantes aos da biomassa de parte aérea. Como, em geral, a biomassa das raízes foi maior, elas devem ter sido um dreno forte nos fotossintatos produzidos pelas plantas. Com isto, as diferenças significativas entre tratamentos só apareceram na análise da biomassa de parte aérea.

Tabela 3 – Biomassa seca (g vaso⁻¹) das raízes de plantas de variedades de caupi, inoculadas com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral.

Variedade	BR2001	BR3267	EI6	NFB700	N mineral	Testemunha	Média
Sedinha	1,31	0,92	1,33	2,06	2,18	1,63	1,57a
Corujinha	1,55	2,19	2,01	1,75	1,97	1,66	1,86a
Canapú	0,79	0,98	1,26	1,50	0,77	2,52	1,30a
SempreVerde	0,92	1,43	1,46	0,89	1,85	1,87	1,40a
Azul	1,74	2,14	2,08	1,72	1,95	1,38	1,82a
IPA - 206	1,02	0,88	1,70	1,59	1,22	1,53	1,32a
Média	1,22 A	1,43 A	1,64 A	1,59 A	1,64 A	1,77 A	

Médias na mesma coluna seguidas por letras minúsculas iguais e na mesma linha seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em feijão *Phaseolus*, Andrade et al. (2005) sugeriram que as diferenças de acumulação de matéria seca total estão relacionadas com o potencial de cada genótipo e com as condições ambientais que afetam a cultura durante o seu ciclo. É possível que se o ciclo de cultivo tivesse sido prolongado além dos 40 dias do experimento, as diferenças entre tratamentos tivessem sido mais expressivas. Denison et al. (1985) e Muchow et al. (1993) afirmaram que, em leguminosas de grão, tem sido observada uma correlação positiva entre a acumulação de biomassa e fixação de nitrogênio atmosférico. Assim, é necessário analisar os teores e conteúdos de nitrogênio nas plantas para verificar se seguiram um padrão coerente com as acumulações de biomassa.

4.4 TEORES DE NITROGÊNIO

Os teores de N na matéria seca das plantas apresentaram diferença significativa para a interação entre as variedades e os tratamentos de inoculação e mais os tratamentos

controle. Como os padrões de resposta das variedades diferiram, a interpretação deve ser feita para cada uma isoladamente.

Os teores variaram bastante, de 0,75 a 3,08% (Tabela 4). As plantas com aplicação de N mineral apresentaram os resultados mais expressivos, quando comparados aos demais tratamentos, mas sem diferença significativa em relação à BR 2001 e à BR 3267. Os altos teores de N com adubação mineral já eram esperados e os dados obtidos das duas estirpes da Embrapa, para as quais aparentemente não houve deficiência de N, confirmam os resultados observados por Zilli et al. (2006), sugerindo que estas são potenciais inoculantes para o caupi em razão do seu bom desempenho quanto à eficiência simbiótica.

As estirpes EI 6 e NFB 700 tiveram as mais baixas associações com as variedades, sendo suas médias gerais estatisticamente similares à da testemunha absoluta. No entanto, a inoculação com EI 6 nas variedades Canapú e Sempre Verde resultou em teores altos, equivalentes estatisticamente aos maiores, e superiores aos de EI 6 associada às demais variedades.

NFB 700 teve um forte efeito de interação, resultando em teores altos com Sempre verde e IPA-206, mas teores baixos com Sedinha, Corujinha, Canapú e Azul pouco diferindo dos resultados da Testemunha absoluta.

Dentre as variedades, Sempre Verde teve maiores teores que IPA-206, Azul e Corujinha, sem diferença significativa em relação a Sedinha e Canapú. Com Sempre Verde, aparentemente, todas as estirpes tiveram efeito expressivo, sem diferir do controle nitrogenado e superando a testemunha absoluta.

Corujinha e Canapú também foram eficientes no acúmulo relativo de N, entretanto, ambas quando inoculadas com NFB 700 e Corujinha inoculada com EI 6, não diferiram significativamente da testemunha. Sedinha com NFB 700 apresentou teores menores que a

testemunha, assim como Azul com NFB 700 e EI 6. Stamford (1978) e Stamford & Neptune (1979) também observaram grande variabilidade de respostas quanto ao N total acumulado em diferentes cultivares de caupi, associadas com estirpes pré-selecionadas. Em função da estreita correlação destes fatores com a eficiência da FBN, Santos (2001) admitiu ser possível e necessária a identificação de associações simbióticas promissoras.

Tabela 4 – Teor (%) de nitrogênio na biomassa seca de plantas das variedades de caupi inoculadas ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral.

Variedade	BR2001	BR3267	EI6	NFB700	N mineral	Testemunha	Média
Sedinha	3,03 aA	2,52 aAB	1,84 bBC	1,1 cdC	2,99 aA	1,96 abB	2,24 ab
Corujinha	2,45 aA	2,12 aA	1,28 bcB	0,77 dB	2,94 aA	1,24 cB	1,8 c
Canapú	2,82 aA	2,5 aAB	1,82 abBC	1,59 bcC	2,71 aA	1,56 bcC	2,17 ab
SempreVerde	2,5 aA	2,64 aA	2,66 aA	2,43 aA	3,08 aA	1,38 bcB	2,45 a
Azul	2,33 aA	2,31 aA	0,75 cB	1,07 cdB	3,15 aA	2,71 aA	2,05 bc
IPA - 206	2,73 aAB	2,08 aABC	1,24 bcD	1,96 abB	2,82 aA	1,73 bcCD	2,09 b
Média	2,64 AB	2,36 B	1,60 CD	1,48 D	2,95 A	1,76 C	

Médias na mesma coluna seguidas por letras minúsculas iguais e na mesma linha seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fernandes et al. (2003) consideraram que o teor de N acumulado pelas plantas inoculadas com estirpes eficientes é superior ao das plantas sem inoculação e tem origem na FBN. No presente trabalho, este resultado pode ser atribuído a todas as combinações, excetuando-se Sedinha e Canapú com NFB 700 e IPA-206 com EI 6.

4.5 CONTEÚDOS DE NITROGÊNIO

O conteúdo de N ou o índice de utilização de N de maneira geral é diretamente proporcional à biomassa seca da parte aérea e ao teor de nitrogênio na planta.

Em média, o tratamento com adubação nitrogenada conferiu os maiores incrementos no conteúdo de N nas plantas de todas as cultivares, tendo proporcionado significativo aumento de biomassa seca e no N total na parte aérea (Tabela 5). Outros autores encontraram resultados semelhantes utilizando amendoim (Santos et al. 2005). Os maiores incrementos seguintes foram apresentados pelas BR 2001 e BR 3267 e por fim, NFB 700, EI 6 e testemunha absoluta, que apresentaram os menores valores e sem diferença estatística. Esse resultado reflete o que foi encontrado com relação ao rendimento de biomassa aliado aos mais altos teores de N obtidos.

Todas as variedades avaliadas apresentaram aumento no N total acumulado proveniente da FBN quando inoculadas com as estirpes BR 2001 e BR 3267, o que resulta do aumento do teor de nitrogênio encontrado nessas plantas, já que esses tratamentos não proporcionaram incremento considerável à biomassa seca da parte aérea.

Os tratamentos NFB 700 e EI 6 só apresentaram eficácia em ampliar o conteúdo de N quando associados à Sempre Verde, mesmo que estes tratamentos tenham apresentado efeito expressivo sobre Sedinha em relação a outras variáveis, como número de nódulos e rendimento de parte aérea.

Não houve diferença significativa entre todos os tratamentos inoculados em relação à testemunha nitrogenada (exceto NFB 700 com Sedinha e Canapú), mostrando que o

nitrogênio proveniente da simbiose foi suficiente para prover as necessidades da planta, podendo o efeito ser dependente da estirpe de rizóbio introduzida. Estes resultados mostram que a bactéria e sua associação com a planta podem suprir grande parte do nitrogênio necessário ao desenvolvimento e produtividade do caupi.

Tabela 5 – Conteúdo de N (mg vaso⁻¹) de plantas de variedades de caupi, inoculadas com diferentes estirpes ou na ausência de inoculação (testemunhas), com e sem aplicação de N mineral.

Variedade	BR2001	BR3267	EI6	NFB700	N mineral	Testemunha	Média
Sedinha	39,0 aB	24,8 aBC	24,6 abBC	10 bC	70,9 aA	22,3 abC	31,9 a
Corujinha	33,8 aB	25,8 aBC	11,6 bcCD	7,1 bD	54,9 bA	15,4 bCD	24,8 bc
Canapú	27,2 aAB	27,8 aAB	17,3 abcB	15,2 abB	35,9 cA	16 bB	23,2 c
SempreVerde	29,9 aB	32,7 aB	29,4 aB	26,2 aBC	56,8 abA	12,8 bC	31,3 a
Azul	31,4 aB	28,1 aBC	9,1 bcD	13,1 abCD	57,1 abA	37,7 aB	29,4 abc
IPA - 206	34,1 aAB	22,3 aBC	6,7 cC	17,3 abC	44,4 bcA	15,7 bC	23,4 c
Média	32,6 B	26,9 B	16,4 C	14,8 C	53,3 A	19,9 C	

Médias na mesma coluna seguidas por letras minúsculas iguais e na mesma linha seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

As estirpes BR 3267 e BR 2001 mostraram-se bastante promissoras para serem utilizadas como inoculantes nas cultivares de caupi do Agreste paraibano, porque foram as mais efetivas com todas as variedades, resultando em nodulação, teores e conteúdos de N maiores que os obtidos com EI 6 e NFB 700. Entretanto, só BR 2001 aumentou significativamente o rendimento de biomassa das plantas. NFB 700 e EI 6 apresentaram efeitos positivos apenas com Sedinha e em relação a duas variáveis: número de nódulos e biomassa de parte aérea. IPA-206 não nodulou com EI 6 e teve os mais baixos valores de biomassa, teores e conteúdos de N. Em geral, Sempre Verde e Sedinha foram as variedades com os melhores resultados, destacando-se Sempre Verde com boas respostas à inoculação com todas as estirpes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SANTOS, A.A.; ATHAYDE SOBRINHOS, C.; 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**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CPAMN. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/FeijaoCaupi/index.htm>> Acessado em: SEIS DE SETEMBRO DE DOIS MIL E QUATRO, 2003.

ANDRADE, C.A.B.; FONTES, P.C.R.; CARNEIRO, J.E.S.; SCAPIM, C.A.; ALBUQUERQUE, F.A. Produção de matéria seca total, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo de duas cultivares de feijão. **Anais VIII CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, Goiana, 2005.

AQUINO, S.F.; NUNES, R.P. Estrutura Genética de Populações de Caupi e suas Implicações no Melhoramento Genético através da Seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.4, p.399-412, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the official analytical chemists**. . 1094 p. 12. ed. Washington, 1975.

BEZERRA, A.A.C. Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto. 105p. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Portaria nº 85 de 06 mar. 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2002. Seção 1, Anexo 12.

CARVALHO, E.A. Avaliação agronômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta. **Tese de Doutorado** - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, 63p., 2002.

CARVALHO, B.C.L.; SANTIAGO, A.N.; LUNA, J.V.U.; LARANJEIRAS, L.A.P. Diagnóstico dos recursos genéticos existentes na empresa baiana de desenvolvimento agrícola In: ROMÃO, R.L. & RAMOS, S.R.R. **Recursos genéticos vegetais no estado da Bahia** UEFS, 231p., Feira de Santana, 2005.

CREPALDI, I.C & ROMÃO, R.L. O ensino e a pesquisa com recursos genéticos vegetais na Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS In: ROMÃO, R.L. & RAMOS, S.R.R. **Recursos genéticos vegetais no estado da Bahia** UEFS, 231p., Feira de Santana, 2005.

DANTAS, J.P.; MARINHO, F.J.L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, S.I.O.; SALES, A.L. Avaliação de Genótipos de Caupi sob Salinidade. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DENISION, R.F.; WEISZ, P.R.; SINCLAIR, T.R. Variability among plantas in nitrogen fixation (acetylene reduction) rates by fieled-grown soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, p.947-950, 1985.

DÖBEREINNER, J. Fixação Biológica de Nitrogênio Aplicada à Agricultura In ASSIS, R.L.; SOUTO, S.M.; DUQUE, F.F.; ALMEIDA, D.L.; MUELLER, K.E.K. **II Curso sobre a Biologia do Solo na Agricultura**. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, Documentos, 8, 41p., 1992.

EADY, R.R. & POSTGATE, J.R. (1974) Nitrogenase. *Nature* 249: 805-810. 1974.

FERGUSON, S.J. (1998) **Nitrogen cycle enzymology**. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 2: 182-193. 1998.

FERNANDES, M.F.; FERNANDES, R.P.M.; HUNGRIA, M. Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão-de-porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.38, n. 7, p. 835-842, Brasília, 2003.

FERNANDES, M.F. & FERNANDES, R.P.M. Seleção inicial e caracterização parcial de rizóbios de tabuleiros costeiros quando associados ao guandu. **R Bras. Ci. Solo**, 24: 321-327, 2000.

FRANCO, A.A. & BALIERO, F.C. Fixação Biológica do Nitrogênio: Alternativa aos fertilizantes nitrogenados. p.577-595 In SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V. FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Viçosa: SBCS, Lavras:UFLA/DCS, 818p., 1999.

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

FRED, E.B. & WAKSMAN, S.A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York, McGraw-Hill Book Company, 143p., 1928.

FREIRE FILHO, F.R.; CARDOSO, M.J.; ARAÚJO, A.G.; SANTOS, A.A. dos; SILVA, P.H.S. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de feijão macáassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 40p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Boletim de Pesquisa, 4), 1981.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; SANTOS, A.A. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 264p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28), 2000.

GIBSON, A.H.; HARPER, J.E. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. **Crop Science**, Madison, v.25, p.497-501, 1985.

GRESSHOFF, P.M. The importance of biological nitrogen fixation to new crop development. p. 113-119. In: JANICK, J. & SIMON, J.E. (eds.), **Advances in new crops**. Timber Press, Portland, OR. 1990.

HUNGRIA, M. & RUSCHEL, A.P. Atividade da nitrogenase e evolução do hidrogênio pelos nódulos de *Phaseolus vulgaris* L. **Fertilizer Research**, v.11, p. 269-274, 1987.

HUNGRIA, M. & NEVES, M.C.P. Partitioning of nitrogen from biological fixation and fertilizer in *Phaseolus vulgaris*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.69, p.55-63, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: Banco de dados agregados. **Produção agrícola municipal**. 2002. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/> (26 de março de 2004).

JORDAN, D.C. Family III Rhizobiaceae. In: KRIEG, N.R.; HOLT, J.G., **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**. Baltimore: Williams & Wilkins, p.234-256, 1984.

KIM, J. & REES, D.C. Nitrogenase and biological nitrogen fixation. **Biochemistry** 33: 389-397, 1994

MAFRA, R.E. **Contribuição ao estudo da cultura do "feijão macassar": fisiologia, ecologia e tecnologia da produção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 39p., 1979.

MAIA, F. M.M. Composição e caracterização nutricional de três cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp: EPACE-10, Olho de ovelha e IPA-206. Fortaleza: UFC, 87p. **Dissertação Mestrado**. 1996.

MARIN, V.A.; BALDANI, V.L.D; TEIXEIRA, K.R.S; BALDANI, J.I. Fixação Biológica de Nitrogênio: Bactérias Fixadoras de Nitrogênio de Importância para a Agricultura Tropical. 1991.

MARTINS, P.S. Preservação genética evolutiva In: Encontro Sobre Recursos Genéticos, 1., **Anais...**, Jaboticabal: UNESP-FCAV; Brasília, DF: Embrapa-CENARGEN, 1988.

MARTINS, L.M.V. Características Ecológicas e Fisiológicas de Rizóbio de Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Isoladas de Solos da Região Nordeste do Brasil. Seropédica: UFRRJ, **Tese de Mestrado**, 213p., 1996.

MARTINS, L.M.V.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Characteristics of cowpea rhizobia isolated from the northeast region of Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, Editora: Pergamon Press, v. 29, N. 5/6. Pp. 1005-1010, 1997.

MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADO, L.B.; 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**, v.38, p.333-339, 2003.

MINCHIN, F.R., SUMMERFIELD, R.J.; NEVES, M.C.P. Nitrogen nutrition of cowpeas (*Vigna unguiculata*): effects of timing of inorganic nitrogen applications on nodulation, plant growth and seed yield. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.58, p.1-11, 1981.

MIRANDA, P.; COSTA, A.F.; OLIVEIRA, L.R.; TAVARES, J.A.; PIMENTEL, M.L.; LINS, G.M.L. Comportamento de Cultivares de *Vigna unguiculata*(L) Walp., nos Sistemas Solteiro e Consorciado. IV – Tipos Ereto e Semi-ereto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v.9, n. especial, p.95-105, 1996.

MOREIRA, F.M.S.; GILLIS, M.; POT, B.; KERSTERS, K.; FRANCO, A.A. Characterization of rhizobia isolated from different divergence groups of tropical Leguminosae by comparative polyacrilamide gel electrophoresis of their total proteins. **Systematic and Applied Microbiology**, v.16, p.135-146, 1993.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, 626p. Lavras, 2002.

MOUSINHO, F.E.P. Viabilidade econômica da irrigação do feijão caupi no estado do Piauí. Escola Superior de Agricultura Luis Queiroz, Universidade de São Paulo, 103p. Piracicaba, **Tese Doutorado**, 2005.

MUCHOW, R.C.; ROBERTSON, M.J.; PENGELLY, B.C. Accumulation and partitioning of biomass and nitrogen by soybean, mungbean and cowpea under contrasting environmental conditions. **Field Crops Research**, v.33; p.13-36, 1993.

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**, The Hague, v.68, p.249-260, 1982.

NEVES, M.C.P & RUMJANEK, N.G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, V.29 (5/6): 889-895, 1997.

NEVES, M.C.P. & RUMJANEK, N.G. Ecologia das Bactérias Diazotróficas nos Solos Tropicais. In MELO, I.S. & AZEVEDO, J.L. **Ecologia Microbiana**. EMBRAPA, Jaguariúna, p.15-60. 1998.

NEWTON, W.E. Nitrogen fixation in perspective. In: PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E. (eds.) **Nitrogen Fixation: From Molecules To Crop Productivity**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2000

NORRIS, D.O. Techniques used in Work *Rhizobium* In NORRIS, D. O. (Ed.). **Some concepts and method in sub-tropical pasture research**. London: Farmham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, p. 186-198, 1964.

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, p.63-96, 1988.

OLIVEIRA, J.E.Z.; AMARAL, C.L.F.; CASALI, V.W.D. Recursos genéticos e perspectivas do melhoramento de plantas medicinais In: QUEIRÓZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

PACOVSKY, R.S.; BAYNE, H.G.; BETHLENFALVAY, G.L. Symbiotic interactions between strains os *Rhizobium phaseoly* and cultivars os *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, v.24, p. 101-105, 1984.

PAIVA, J.B.; SANTOS, J.H.R. TEÓFILO, E.M. Aspectos da cultura do feijão-de-corda no Norte e Nordeste do Brasil. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, s.d., 46p., 1977.

PEREIRA E.G. Diversidade de rizóbios isolados em diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia. 93p. **Tese de Doutorado** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

QUEIRÓZ, M.A.; NASCIMENTO, C.E.S.; SILVA, C.M.M.S.; LIMA, J.L.S. Fruteiras nativas do Semi-Árido do Nordeste brasileiro: algumas reflexões sobre seus recursos genéticos In: Simpósio Nacional de recursos genéticos de fruteiras nativas, **Anais...**, Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF: SBF, p. 87-92, 1993.

QUIN, F.M. Introduction. In: SING, B.B.; MOHAN RAJ, D.R.; DASHIEL, K.E.; JACKAI, L.E.N. (Ed.) **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS, p. ix-xv, 1997.

RELARE. **Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola**. Disponível em: <<http://www.relare.org.br>>. Acessado em: Abril de 2004.

RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.280-335, 2005.1

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária UFMG, Belo Horizonte, 1ª. Edição, 221p., 1998.

SANTOS, C.A.F. & ARAUJO, F.P. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistemas irrigado e de sequeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.35, n.10, p.1977-1984, 2000

SANTOS, C.E.R.S. Diversidade, faixa hospedeira e eficiência de fixação de N₂ de rizóbio nativo da região Nordeste do Brasil, em amendoim (*Arachis hypogaea*). Seropédica: UFRRJ, 185p. **Tese de Doutorado**, 2001.

SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; FREITAS, A.D.S.; VIEIRA, I.M.B.M.; SOUTO, S.M.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região Nordeste do Brasil na fixação biológica do N₂ em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) **Acta Sci. Agron.** Maringá, v.27, n.2, p. 301-307, 2005.

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

SILVA, S.M.S.; MAIA, J.M.; ARAÚJO, Z.B.; FREIRE FILHO, F.R. **Composição Química de 45 Genótipos de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. EMBRAPA/CPAMN – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/Publicacoes/ct/CT149.pdf>> Acessado em: Setembro de 2004.

SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo - Fundamentos e perspectivas**. MEC, ABEAS; ESAL - FAEPE, Lavras 236 p., 1988.

SOARES, A.L.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.; VALE, H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em perdões (MG). I – caupi. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** v.30 n.5 Viçosa, 2006.

SPRENT, J.I. Evolution and diversity in the legume-rhizobium symbiosis: chaos theory? **Plant and Soil**, Dordrecht, v.161, p.1-10, 1994.

STAMFORD, N.P. Efeito de estirpes de *Rhizobium* sp., do nitrogênio, fósforo e enxofre, na avaliação da fixação do N₂, crescimento e absorção de nutrientes em cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Piracicaba: ESALQ, 151p. **Tese de Doutorado**. 1978.

STAMFORD, N.P. & NEPTUNE, A.M.L. Especificidade hospedeira e competição entre estirpes de *Rhizobium* em inoculação cruzada com quatro cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Ômega** da UFRPE, Recife, v.3, n.1/2, p.25-34, 1979.

STAMFORD, N.P.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SILVA A.J.N. Growth and Nitrogen Fixation of *Leucaena leucocephala* and *Mimosa casealpiniaefolia* in a Saline Soil of the Brazilian Semi-arid Regionas Afected by Sulphur, Gypsum and Saline Water. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.34, p.1-6, 2000.

STRALIOTTO, R. & RUMJANEK, N.G. Aplicação e evolução dos métodos moleculares para o estudo da biodiversidade do rizóbio. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB. **Documentos**, 93, 70p. 1999.

VINCENT, J.M. **A manual for the practical study at root-nodule bacteria**. Oxford: Blackwell, p. 164, 1970.

XAVIER, G.R. Estudo da ocupação nodular de rizóbio em genótipos de caupi (*Vigna unguiculata* L. WALP) agrupados pela técnica de RAPD. **Tese de Mestrado**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 113p., Seropédica, 2000.

XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; RUMJANEK, N.G.; FREIRE FILHO, F.R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD **Pesq. agropec. bras.** v. 40, n. 4, Brasília, 2005.

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. **Pesq. agropec. bras.** V. 41, n. 5, p. 811-818, Brasília, 2006.

APÊNDICES

Apêndice 1: Análise de variância dos números de nódulos.

Variável	GL	SQ	QM	F	P
Varietade	5	96,24	19,25	3,506	0,024
Estirpe	5	1203,05	240,61	43,827	0,000
V X E	25	192,94	7,71	1,404	NS
Bloco	2	178,39	89,19	16,246	0,003
Erro	70	384,1	5,49		
Total	107	2054,72			
CV	4%				

Apêndice 2: Análise de variância da biomassa seca de raiz.

Variável	GL	SQ	QM	F	P
Varietade	5	5,177	1,035	2,078	NS
Estirpe	5	3,214	0,643	1,291	NS
V X E	25	12,874	0,515	1,034	NS
Bloco	2	10,964	5,48	11,004	0,0001
Erro	70	34,834	0,498		
Total	107	67,063			
CV	46%				

Apêndice 3: Análise de variância da biomassa seca de parte aérea.

Variável	GL	SQ	QM	F	P
Varietade	5	1,6474	0,3295	3,787	0,004
Estirpe	5	8,6348	1,7269	99,25	0,000
V X E	25	2,3769	0,0951	1,093	NS
Bloco	2	0,2173	0,1086	1,248	NS
Erro	70	6,0906	0,087	0,087	
Total	107	18,967			
CV	24%				

Apêndice 4: Análise de variância do teor de N..

Variável	GL	SQ	QM	F	P
Variedade	5	0,00621	0,00124	4,000	0,003
Estirpe	5	0,04517	0,00903	29,129	0,000
V X E	25	0,02195	0,00088	2,838	0,000
Bloco	2	0,00069	0,00034	1,096	NS
Erro	70	0,02184	0,00031		
Total	107	0,09585			
CV	12%				

Apêndice 5: Análise de variância do conteúdo de N.

Variável	GL	SQ	QM	F	P
Variedade	5	1439,3	287,9	3,149	0,015
Estirpe	5	18600,7	3720,1	40,701	0,000
V X E	25	4336,5	173,5	1,898	0,021
Bloco	2	381,2	190,6	2,085	NS
Erro	70	6398,3	91,4		
Total	107	31156,0			
CV	35%				

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)