



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CAMPUS DE POMBAL**

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE INOCULANTES EM FEIJÃO-CAUPI NO
MUNICÍPIO DE POMBAL – PB**

GUSTAVO NÓBREGA GUEDES

DIGITALIZAÇÃO
SISTEMOTECA - UFCG

POMBAL

2009

GUSTAVO NÓBREGA GUEDES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE INOCULANTES EM FEIJÃO-CAUPI NO
MUNICÍPIO DE POMBAL – PB**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Anielson dos Santos Souza

POMBAL

2009

G924e GUEDES, Gustavo Nóbrega.

Eficiência agronômica de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal-PB / Gustavo Nóbrega Guedes. Pombal-PB: CCTA/UFCG, 2009.

44p.

Orientador: Prof. Dr. Anielson dos Santos Souza.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia)
Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar / Universidade
Federal de Campina Grande-PB

1. Feijão Caupi- *Vigna Unguiculata* I. GUEDES, Gustavo
Nóbrega. II. TÍTULO.

CDU. 633.33

GUSTAVO NÓBREGA GUEDES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE INOCULANTES EM FEIJÃO-CAUPI NO
MUNICÍPIO DE POMBAL – PB**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 11 de dezembro de /2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Anielson dos Santos Souza, D. Sc. (Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande

Prof^a. Adriana Silva Lima, D. Sc. (Co-Orientadora)
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Josinaldo Lopes Araújo, D. Sc. (Conselheiro)
Universidade Federal de Campina Grande

POMBAL

2009

À minha família, meus pais **Gesualdo Guedes Monteiro** (*in memorian*) e **Vera Lúcia Nóbrega de Araujo Guedes**, os meus irmãos **Juninho e Valeska**, em especial a minha namorada **Ana Lindalva**, por todo amor e carinho dedicados, pelos momentos em que estive ausente, por todo incentivo e amparo nos momentos difíceis, e por estarem ao meu lado incondicionalmente,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre presente em minha vida e por ter tornado possível a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pelo acolhimento e a oportunidade de concluir este curso.

Aos mestres, nossos agradecimentos a vocês que por um período de minha vida estiveram presentes estimulando-nos a enfrentar os obstáculos e ajudando na construção do ser humano que hoje me torno. Pelo caminho do tempo adquirimos laços de amizade e gratidão que jamais serão apagados, reconhecendo o brilho e o valor de cada aula, hoje quero dividir com vocês a alegria de tê-los conosco durante essa caminhada.

Aos amigos de curso **Amisson, Otoniel, e Waldemar**, pela amizade e companheirismo ao longo deste período.

Ao **Sr. Aurenildo (Bebé)**, pela infra-estrutura cedida para realização deste trabalho.

Ao amigo **Leonardo** pelo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador **Profº Anielson dos Santos Souza** pelos ensinamentos, amizade, dedicação e confiança, que contribuiu de forma direta para a realização deste trabalho.

A **Profª Adriana Silva Lima**, pelas sugestões e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao **Profº Josinaldo Lopes Araújo** pela colaboração durante a execução deste trabalho.

Aos meus tios **Volbam e Fátima (Neneinha)** pela ajuda e incentivo nos momentos difíceis da minha caminhada.

Agradecer a UFLA/DCS, por ter cedido os inoculantes para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. A cultura do feijão-caupi.....	3
2.2. Importância econômica e social.....	3
2.3. Importância do nitrogênio para a cultura do feijão caupi.....	4
2.4. Fixação biológica em feijão-caupi.....	5
3. Material e Métodos.....	8
3.1. Área de estudo.....	8
3.2. Delineamento experimental, instalação e condução do experimento.....	9
3.3. Características avaliadas.....	11
3.4. Análises estatísticas.....	12
4. Resultados e Discussão.....	13
4.1. Número e massa de nódulos por planta.....	13
4.2. Produtividade, produção de grãos por planta e massa de cem sementes.....	15
4.3. Comprimento de vagem, número de grãos por vagem e número de vagens por planta.....	17
4.4. Fitomassa verde total, fitomassa verde aérea e fitomassa verde de raízes.....	21
4.5. Fitomassa seca total, fitomassa seca aérea e fitomassa seca da raiz.....	25
5. Conclusões.....	26
6. Referências Bibliográficas.....	27

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Massa seca dos nódulos por planta, mediante a inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.....**15**
- Figura 2** - Produção de fitomassa verde da parte aérea (FVPA) e fitomassa radicular verde (FVR) do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*, Os valores dentro de cada coluna correspondem as médias de tratamento em gramas. Pombal, PB, 2009.....**16**
- Figura 3** - Fitomassa seca total do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*, Pombal - PB, 2009. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).....**18**
- Figura 4** - Médias dos dados da produção de fitomassa seca da parte aérea, do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (DMS= 22,24). Pombal - PB, 2009.....**19**
- Figura 5** - Médias dos dados da produção de fitomassa seca radicular do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.....**20**

- Figura 6** - Médias dos dados da eficiência relativa das diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Pombal – PB, 2009.....**21**
- Figura 7** - Número médio de vagem por planta do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As colunas seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$). DMS = 6,16. Pombal, PB, 2009.....**23**
- Figura 8** - Comprimento (cm) da vagem do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*, as barras verticais representam o desvio padrão da média, (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). Pombal, PB, 2009.....**24**
- Figura 9** - Número médio de grão por vagem do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*, as barras verticais representam o desvio padrão da média. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). Pombal, PB, 2009.....**25**
- Figura 10** - Produção de grãos por planta, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.....**26**
- Figura 11** - Rendimento de grãos de feijão-caupi, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.....**27**
- Figura 12** - Massa de cem sementes do feijão-caupi (g), mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.....**28**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos físicos e químicos da área onde foi instalado o experimento, de 0 a 20 cm de profundidade. Pombal – PB, 2009.....	9
Tabela 2 - Identificação dos tratamentos utilizados no experimento, Pombal - PB, 2009.....	10
Tabela 3 - Resumos das análises das variâncias para os dados de número de nódulos por planta (NNP), massa fresca dos nódulos (MFN) e massa seca dos nódulos (MSN). Pombal - PB, 2009.....	13
Tabela 4 - Médias do número de nódulos por planta (NNP) e massa fresca dos nódulos (MFN), nos diferentes tratamentos. Pombal - PB, 2009.....	14
Tabela 5 - Resumos das análises das variâncias para os dados de fitomassa verde total (FVT), fitomassa verde radicular (FVR) e fitomassa verde aérea (FVPA). Pombal - PB, 2009.....	15
Tabela 6 - Resumos das análises das variâncias para os dados de massa seca aérea, massa seca da raiz, massa seca total e eficiência relativa. Pombal - PB, 2009.....	17
Tabela 7 - Resumos das análises das variâncias para os dados de comprimento de vagem, número de grãos por vagem e número de vagens por planta. Pombal - PB, 2009.....	22
Tabela 8 - Resumos das análises das variâncias para os dados de comprimento de vagem, número de grãos por vagem e número de vagens por planta. Pombal - PB, 2009.....	25

RESUMO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma excelente fonte de proteínas, constituindo-se em alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. A interação do feijão-caupi com bactérias fixadoras de N₂ atmosférico pode permitir o aumento de rendimento da cultura e suprir a cultura com o N necessário para o seu crescimento e desenvolvimento. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar a eficiência de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal - PB, em comparação à utilização de adubo nitrogenado e a eficiência de populações de bactérias que são capazes de nodular o feijão-caupi, nativas da região. Para isso, o experimento foi conduzido durante os meses de setembro a novembro de 2009 na propriedade Monte Alegre que dista aproximadamente 4 km do centro do município de Pombal - PB., em solo ainda não cultivado com feijão-caupi e sem a utilização anterior de qualquer outro inoculante. Utilizando o cultivar de feijão-caupi "Nova Era", cujas sementes foram obtidas junto a EMATER – Pombal - PB. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e seis tratamentos, a saber: Quatro tratamentos com sementes inoculadas com as estirpes UFLA 03-84, INPA 03-11B, BR3267 e UFLA 03-154(42c8), e dois não inoculados, um com nitrogênio mineral na dose de 70 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio) e outro sem nitrogênio mineral. Foram avaliadas variáveis de nodulação e as características agronômicas do feijão-caupi. Todos os inoculantes testados tiveram número e matéria fresca de nódulos, e a produção de fitomassa iguais ao tratamento que recebeu adubo nitrogenado, com destaque para a estirpe inoculante UFLA 03-154 (42c8). Dessa forma, as estirpes possuem potencial para serem utilizadas como inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal – PB. As populações de bactérias que são capazes de nodular o feijão-caupi, nativas da área do experimento, obtiveram valores de número e matéria fresca de nódulos iguais aos demais tratamentos, diferindo com valores inferiores apenas aos da estirpe inoculante, UFLA 03-154 (42c8), porém em relação à produção de fitomassa foi inferior a todos os demais tratamentos, evidenciando, desta forma a sua ineficiência.

Palavras-chave: inoculação, *Vigna unguiculata*, nitrogênio.

ABSTRACT

Cowpea bean [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Is an excellent source of protein, constituting the staple food for low-income populations in the Brazilian northeastern. The interaction of cowpea bean with the fixing bacteria N_2 atmospheric, can allow the increase of income of the culture and to supply it with the N needed for its growth and development. In this way, was aimed with this study to evaluate the efficiency of inoculation on cowpea bean in the municipal of Pombal- PB, compared to the utilization of nitrogen fertilizers and the efficiency of populations of bacteria that are able to modulate the cowpea bean, native from the region. For this, the experiment was conducted from September to November of 2009 in the Monte Alegre property, at a distance of about 4 km from the city center of Pombal. It was accomplished in soil that had not been cultivated with cowpea bean yet, and without the utilization of any other inoculants before. Using the cultivar of cowpea bean "New Age", whose seeds were obtained from the EMATER – Pombal. The experiment was a randomized block design with four repetitions and six treatments, namely: Four treatments with inoculated seeds with strains UFLA 03-84, INPA 11B-03, BR3267 and UFLA 03-154 (42c8), and two not inoculated, one with mineral nitrogen at a dose of 70 kg ha of N (ammonium sulfate) and another without mineral nitrogen. Variables were evaluated for nodulation and agronomic traits of cowpea beans. All tested inoculants had the number and fresh weight of nodules, and the productions of the fitomassa matched to the treatment that received nitrogenous fertilizer, with focus on the strain inoculate UFLA 03-154 (42c8). Thus, the strains have the potential to be used as inoculants in cowpea bean. The populations of bacteria that are able to modulate cowpea bean, native from the area of the experiment, measured values of the number and fresh weight of nodules equal to other treatments, differing only with lower values of the inoculant strain, UFLA 03-154 (42c8), but in relation to fitomassa production was lower than all other treatments, which highlights its inefficiency.

Key-words: inoculation, *Vigna unguiculata*, nitrogen

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna Unguiculata* (L) Walp] é uma das leguminosas mais consumidas do mundo, se constitui um alimento básico na dieta alimentar de varias famílias, devido ao grande fornecimento de proteínas e ferro, dessa forma a cultura assume grande importância notadamente para regiões com populações de baixa renda onde a cultura desempenha função de destaque sócio-econômico. Além disso, a cultura é responsável pela geração de emprego e renda no campo, e por ser uma das principais fontes de proteínas de origem vegetal de baixo custo consumida pela população mundial, seu cultivo geralmente é praticado predominantemente por pequenos e médios produtores e com um baixo nível tecnológico (GRANGEIRO et al., 2005; FREIRE FILHO, 2006).

No perfil da agricultura familiar do país constatou-se que ela é voltada basicamente para a produção de alimentos da cesta básica -itens nos quais chega a responder por até 70% da produção total e supera, em muitos casos, o agronegócio. Pelos dados do Censo Agropecuário, as pequenas propriedades tocadas pelo dono e seus familiares eram responsáveis, em 2006, por 70% do feijão consumido no país (FOLHA DE SÃO PAULO, 2009).

Em geral as cultivares de feijão-caupi apresentam ciclo curto e se desenvolvem bem em diferentes condições de clima e solo, possuindo relativa capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico em simbiose com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, as quais são capazes de infectar as raízes contribuindo para a fixação biológica do nitrogênio (FBN), podendo em muitos casos fornecer todo nitrogênio necessário para a cultura produzir satisfatoriamente, reduzindo, portanto, os gastos com adubos e barateando os custos de produção uma vez que o nitrogênio é um dos gases mais abundantes na atmosfera.

As bactérias do gênero *Rhizobium* são capazes de infectarem as raízes das plantas contribuindo para a fixação biológica do nitrogênio (FBN), podendo em muitos casos fornecer todo o nitrogênio exigido pela cultura, reduzindo portanto os custos com fertilizantes nitrogenados e barateando os custos de produção. Assim a inoculação de bactérias adaptadas as diferentes condições de clima e solo do semi-árido poderá se tornar uma fonte alternativa e economicamente viável para os produtores da microrregião de Pombal que buscam melhorias no tocante a nutrição mineral desta importante lavoura regional. A falta de conhecimento dos produtores

bem como a ausência de assistência técnica tem sido uma das principais causas na obtenção de baixas produtividades no município de Pombal e em seu entorno. Por isso é de grande importância a realização de estudos que possam melhorar o sistema de cultivo do feijão-caupi na região.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal - PB em comparação à utilização de adubo nitrogenado, bem como a eficiência de populações de bactérias que são capazes de nodular o feijão-caupi, nativas da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do feijão-caupi

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é uma das leguminosas mais adaptadas, versáteis e nutritivas entre as espécies cultivadas (SINGH et al., 2002). É a principal leguminosa cultivada no Nordeste, fazendo parte da dieta alimentar da maioria de famílias da região como rica fonte de proteína e ferro, sendo utilizada ainda, como adubação verde e proteção do solo (ANDRADE JÚNIOR, 2000; CASTRO et al., 2004).

A produtividade média nacional na safra 2005/06 foi de 822 kg ha⁻¹ (CONAB, 2008) o que está aquém do real potencial produtivo da cultura. Vale informar que historicamente, essa cultura apresenta baixa produtividade, devido às condições de cultivos sem adoção de tecnologias avançadas. Isto porque em condições de experimento e lavouras com melhor uso de tecnologia, o feijão-caupi tem apresentado alto potencial produtivo, o que em geral não tem sido explorado (SILVA et al., 2008).

A produção de grãos, secos ou verdes, é destinada notadamente para o consumo humano *in natura*, na forma de conserva ou desidratado. O conteúdo protéico dos grãos varia de 23 a 25% em média. É uma excelente fonte de carboidratos, e destaca-se pelo alto teor de fibras alimentares, vitaminas e minerais, além de possuir baixa quantidade de lipídios que, em média, é de 2% (EMBRAPA MEIO NORTE, 2003).

2.2. Importância econômica e social

No Brasil, a importância social e econômica da cultura é evidenciada, principalmente, por ser uma importante fonte protéica na dieta alimentar da população, e pelo contingente de pequenos produtores envolvidos na sua produção, embora tenha havido nos últimos anos crescente interesse de produtores do agronegócio, os quais adotam técnicas avançadas, incluindo a irrigação e a colheita mecanizada (YOKOYAMA, 2002). A cultura do feijão-caupi é responsável pela geração de 1.451.578 empregos/ano no Brasil, com o valor de produção estimado em US\$ 249.142.582,00/ano (EMBRAPA MEIO NORTE 2003).

É uma cultura de grande importância econômica e social para a população rural da região Norte e Nordeste do Brasil, nestas regiões encontram-se as maiores áreas plantadas, e a cultura desempenha função de destaque socioeconômico pelo grande volume de mão-de-obra que pode gerar no campo e na cidade. Entretanto, possui baixa produtividade, e uma das causas é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente de nitrogênio (FRANCO et al., 2002; CARDOSO; RIBEIRO, 2006; FREIRE FILHO et al., 2005).

É a cultura de grãos mais importante da região semiárida, alcançando de 95 a 100 % do total das áreas plantadas com feijão nos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (SANTOS et al., 2000). Nos últimos anos, a cultura vem despertando o interesse de agricultores que praticam agricultura empresarial, cuja lavoura é totalmente mecanizada. Isto tem levado a uma procura maior por cultivares com arquitetura de planta mais moderna, porte mais compacto e mais ereto (FREIRE FILHO et al., 2006).

O estado da Paraíba figura entre os principais produtores nacionais, e o feijão-caupi é cultivado em quase todas as microrregiões, onde detém 75 % das áreas de cultivo com feijão. Contudo, níveis baixos de produtividade têm sido constatados, possivelmente, decorrentes do plantio de cultivares tradicionais com baixa qualidade agrônômica, e ausência de um programa de manejo de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2003). A área plantada com a cultura é estimada em 186.151 ha, com uma produção de 62 mil toneladas ano⁻¹ e rendimento médio 382 kg ha⁻¹ (IBGE, 2005).

2.3. Importância do nitrogênio para a cultura do feijão-caupi

Entre os principais fatores limitantes da produtividade da cultura do feijoeiro no País, destacam-se aqueles relacionados ao baixo nível técnico empregado pelos produtores e em alguns casos ao estabelecimento de cultivos em solos de baixa fertilidade natural, especialmente pobres em N (CABALLERO et al., 1985; MERCANTE et al., 1999).

As principais fontes de nitrogênio para a cultura do feijão-caupi são o solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, a aplicação de adubos nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico, pela associação do feijão-caupi

com bactérias que nodulam leguminosas comumente conhecidas como rizóbios (HUNGRIA et al., 1997; MERCANTE et al., 1999).

Além do elevado custo econômico, os adubos nitrogenados possuem um custo ambiental adicional em função das perdas que ocorrem após a sua aplicação no solo. Considera-se que as perdas de nitrogênio com a adubação nitrogenada aplicados estão em torno de 50 %, sendo ocasionadas principalmente por lixiviação, na forma de nitrato e escoamento superficial, provocado pela água das chuvas e, ou, irrigação (STRALIOTTO et al., 2002a). O nitrogênio perdido nesse processo é altamente poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Outras perdas de N aplicado ocorrem nas formas gasosas, que retornam à atmosfera, sobretudo pelos processos de desnitrificação e volatilização (SIQUEIRA et al. 1994; STRALIOTTO et al., 2002b).

O nitrogênio é dentre os macronutrientes, um dos que mais limita a produtividade das culturas, assim o uso de fertilizantes nitrogenados é um dos fatores que mais encarece os custos de produção. Desta forma o aproveitamento do nitrogênio atmosférico por meio da FBN realizada por bactérias que nodulam leguminosas como o feijão-caupi pode ser uma alternativa importante na redução de tais custos. Portanto, é de suma importância a FBN, tanto pelo fornecimento de nitrogênio a cultura quanto pela possível redução da poluição ambiental, provocada pelos adubos nitrogenados (SANTOS et al., 2003).

2.4. Fixação biológica em feijão-caupi

Está bem documentado na literatura que a cultura do caupi tem relativa capacidade de *interagir com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico*, que podem contribuir para aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção (SOARES et al, 2006). A maioria dos cultivares apresenta ciclo curto, com baixa exigência hídrica, pouca exigência em termos de fertilidade natural do solo, e relativa capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, reduzindo assim a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003). Diante disso, pode-se vislumbrar um futuro, para o feijão caupi, sem a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados

para obtenção de maiores rendimentos a exemplo do que ocorre com a cultura da soja (RUMJANEK et al., 2005; RUMJANEK; XAVIER, 2007).

A FBN é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi que, quando bem nodulado, pode dispensar outras fontes de N e atingir altos níveis de produtividade (RUMJANEK et al., 2005). A inoculação do caupi com estirpes de rizóbio previamente selecionadas para condições de solo com pH e temperatura elevados mostrou ser bastante eficiente; em alguns solos, onde foi demonstrado que o N proveniente da fixação biológica pode suprir todo o N necessário para uma produção satisfatória (STAMFORD et al., 2002).

O sucesso da inoculação em caupi com estirpes de rizóbio com alta eficiência está associado à habilidade competitiva de tais estirpes e adaptação às condições ambientais (MERCANTE et al., 1999; STRALIOTTO et al., 2002a). A seleção de uma estirpe de rizóbio para ser utilizada como inoculante deve priorizar tanto os aspectos relacionados à FBN propriamente dita, quanto àqueles relacionados à sobrevivência e ao seu estabelecimento no solo, assim como características que garantam a capacidade competitiva frente às estirpes nativas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A Inoculação de leguminosas com estirpes eficientes, para promover a fixação simbiótica de nitrogênio e aumentar a produção, é uma prática agrícola muito utilizada. No entanto, a resposta da planta à inoculação é determinada por uma variedade de fatores bióticos e abióticos. Em condições de clima tropical os principais fatores abióticos que afetam o potencial da fixação biológica de nitrogênio são: acidez e toxidez de alumínio, salinidade e baixa fertilidade do solo (THIES et al. 1991). Temperaturas do solo elevadas têm, freqüentemente, representando um dos principais fatores climáticos limitantes a FBN em regiões tropicais, uma vez que afetam praticamente todas as etapas de crescimento do rizóbio e das plantas hospedeiras, sendo os efeitos ainda mais drásticos na simbiose (HUNGRIA; VARGAS, 2000). Estes mesmos autores consideram que os limites de temperatura para a FBN com leguminosas tropicais se situam entre 27°C e 40°C. Outro fator climático muito importante é a precipitação pluvial. Período de seca antes da germinação pode afetar a nodulação, sendo mais drástico o efeito quanto maior for o intervalo de tempo (VARGAS; SUHET, 1980).

Com relação aos fatores bióticos pode-se destacar a presença de uma grande diversidade de antagonistas, bacteriófagos, predadores de nódulos (FRANCO; NEVES, 1992) e, principalmente, alta densidade populacional e competitividade de

rizóbios nativos, que constitui uma verdadeira barreira no estabelecimento da inoculação, uma vez que competem pela ocupação dos sítios de infecção nas raízes das plantas hospedeiras.

Outro fator que afeta a eficiência do processo de FBN, no sistema rizóbio-feijão, é a disponibilidade de carboidratos para os nódulos, tanto em quantidade como em qualidade. Na época de formação das vagens, a planta diminui o fluxo de carboidratos para os nódulos, limitando a FBN (LAW et al., 1974 *apud* SILVA et al. 2008). É possível que variedades com maior capacidade de manter a constância do fluxo de carboidratos para os nódulos possuam maior eficiência no processo de fixação.

Por vezes a inoculação das lavouras de feijão-caupi com estirpes de rizóbio selecionadas não apresenta contribuição significativa para o acúmulo de nitrogênio. Este fato é atribuído em parte pela capacidade do feijão-caupi associar-se com várias espécies e estirpes de rizóbio nativas. Em solos de regiões tropicais tem sido observada a presença de elevada quantidade de *Bradyrhizobium sp.* que normalmente são bastante competitivas na formação de nódulos, porém, muito variáveis quanto à eficiência simbiótica (NEVES; RUMJANEK, 1997).

Nas condições semi-áridas são escassos os trabalhos que abordam a questão da FBN em feijão-caupi, o que está a exigir a realização de trabalhos que possam contribuir com a ampliação do uso dessa técnica. Uma vez que pode contribuir de forma significativa na redução dos custos com adubos, bem como aumentar a produtividade das culturas, beneficiando desta forma os agricultores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo faz parte do projeto aprovado pelo CNPq/MAPA edital 64/08, nº. 5786352008-9, intitulado “Avaliação da eficiência de inoculantes microbianos de leguminosas em regiões inexploradas e de métodos para seu controle de qualidade e inspeção visando à expansão de seu uso na agricultura brasileira”, cujo objetivo principal é avaliar a eficiência de inoculantes em espécies de leguminosas cultivadas nos sistemas agrícolas, florestais e pastoris no sul de Minas Gerais, e em regiões selecionadas no Piauí, Pernambuco e Paraíba, para difundir e ampliar seu uso.

3.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado durante os meses de setembro a novembro de 2009 na propriedade Monte Alegre que dista aproximadamente 4 km do centro do município de Pombal - PB. A área experimental foi anteriormente explorada com as culturas do milho e capim roxo irrigado com água proveniente de um poço. Tais espécies foram exploradas em cultivos sucessivos sem o uso de adubação. Antes da instalação do experimento a área se encontrava em pousio e eventualmente era utilizada como área de pastagem para bovinos e ovinos. Para o presente estudo foram realizadas análises físicas e químicas do solo com o objetivo de caracterizá-lo adequadamente, bem como realizar a recomendação de adubação.

O solo da área experimental é um NEOSSOLO Flúvico de textura franco arenosa, e suas características físicas e químicas antes da instalação do experimento estão inseridas na Tabelas 1.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos da área onde foi instalado o experimento, de 0 a 20 cm de profundidade. Pombal – PB, 2009.

Atributos químicos	Valores	Caracterização
pH em água (1:2,5)	7,5	Alcalinidade fraca
P (mg dm ⁻³)	290	Muito alto
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,23	Médio
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,17	-
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	-
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,5	-
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	5,0	Alto
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,5	Alto
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,4	-
M.O. (g kg ⁻¹)	6,95	Baixo
Atributos físicos	-	-
Areia (g kg ⁻¹)	737	-
Silte (g kg ⁻¹)	112	-
Argila (g kg ⁻¹)	151	-
Classificação textural	Franco arenoso	-

Análise realizada no Laboratório de Solos do IFET/PB em Sousa/PB. P, K⁺ e Na⁺: Extr. Mehlich 1; H⁺+Al⁺³: Extr. Acet. de Ca⁺² 0,5M pH 7; Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺²: Extr. KCl 1M. Análise realizada no Laboratório de Solos do IFET/PB em Sousa/PB.

3.2. Delineamento experimental, instalação e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos (Tabela 2) e quatro repetições totalizando 24 unidades experimentais com dimensões de 4,8 m x 4,0 m (19,2 m²). Cada parcela foi constituída por seis fileiras com quatro metros de comprimento.

Inicialmente foi realizado o preparo do solo que consistiu de uma aração seguida de uma gradagem. Em seguida foi feita a demarcação das parcelas e abertura dos sulcos de semeadura. Cada parcela foi identificada seguindo-se a ordem de distribuição dos tratamentos conforme sorteio e identificação prévia.

Tabela 2. Identificação dos tratamentos utilizados no experimento, Pombal-PB, 2009.

Tratamentos	Descrição
UFLA 03-84	Inoculação com a estirpe UFLA 03-84
INPA-03-11b	Inoculação com a estirpe INPA-03-11b
BR 3267	Inoculação com a estirpe BR 3267
UFLA 03-154(42c8)	Inoculação com a estirpe UFLA 03-154(42c8)
T s/n	Testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada
T c/n	Testemunha sem inoculação e com adubação nitrogenada

* Todos os tratamentos receberam adubação PK

Foi utilizado o cultivar de feijão-caupi “Nova era”, cujas sementes foram obtidas junto a EMATER-Pombal. É uma cultivar com ciclo de 65 a 70 dias, grãos de coloração branca, com peso médio de 100 grãos em torno de 20 gramas e produtividade média de 1.200 kg ha⁻¹, e precocidade em torno de 35 dias após a emergência (VILARINHO 2007).

A inoculação das sementes foi realizada com antecedência de 24 horas da semeadura no Laboratório de microbiologia do solo da UFCG Campus de Pombal-PB. O inoculante foi preparado com turfa esterilizada em autoclave, na proporção 3:1 de turfa e culturas em meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928), semi-sólido na fase log (após 5 dias de crescimento), inoculando-se na proporção de 500 g do inoculante para cada 50 kg de sementes no Laboratório de microbiologia do solo da UFLA.

O plantio foi realizado no primeiro dia de setembro de 2009, através de semeadura manual utilizando-se enxadas para fazer a abertura dos sulcos, com espaçamento de 0,8 m x 0,4 m. As sementes foram distribuídas nos sulcos de plantio colocando-se três sementes a cada 40 cm, a uma profundidade média de cinco centímetros. A emergência das plântulas ocorreu de 4 a 5 dias após o plantio.

O desbaste ocorreu quinze dias após a emergência das plântulas ajustado-se para o experimento a densidade populacional de cinco plantas por metro de sulco o que equivale a uma população de 62.500 plantas por hectare.

As parcelas experimentais foram irrigadas diariamente pelo sistema de aspersão com canhão hidráulico, e o controle de plantas invasoras foi realizado por

meio de capina manual com auxílio de enxadas aos 15, 30 e 45 dias após a emergência.

Visando o controle do pulgão do feijoeiro (*Aphis rumicis*) realizou-se aplicações de metamidofós (produto sistêmico de classe toxicológica 2), seguindo as recomendações do receituário agrônomo e com o auxílio de um pulverizador costal.

Todos os tratamentos receberam adubação fosfatada e potássica à base de 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, usando como fontes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, incorporados nos sulcos de semeadura a seis centímetros de profundidade. Para o tratamento com adubação nitrogenada, as parcelas receberam 70 kg ha⁻¹ de N, parcelados em duas vezes: 35 kg ha⁻¹ de N no plantio e 35 kg ha⁻¹ de N aos 20 dias após a emergência das plântulas na forma de sulfato de amônio.

3.3. Características avaliadas

Foram realizadas as seguintes avaliações: número de nódulos por planta, massa fresca e seca dos nódulos, comprimento de vagens, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, fitomassa verde e seca da parte aérea, fitomassa verde e seca da raiz, fitomassa verde e seca total, produtividade, produção de grãos por planta e massa de cem sementes.

Aos 47 dias após a emergência das plântulas foram coletadas 10 plantas da área útil de cada parcela para contagem dos nódulos, os quais foram destacados, contados e pesados para determinar sua massa fresca. Em seguida foram colocados em estufa a 65 °C por 72 horas para determinar sua massa seca.

Estas mesmas plantas também foram utilizadas para a obtenção da produção de fitomassa, as quais foram pesadas e separadas em parte aérea e raiz, para a determinação da fitomassa produzida por cada parte. Em seguida o material foi separadamente acondicionado em sacos de papel e levadas a estufa de circulação forçada a 65° C até atingirem peso constante.

O número de grãos por vagem foi determinado pela média do número de grãos contidos em 10 vagens coletadas de cada parcela. Para determinação do comprimento de vagens foi tomada uma amostra aleatória de dez vagens por

parcela, isentas de danos físicos. Na determinação do número de vagens por planta foram coletadas e contadas vagens de 10 plantas de cada parcela.

Aos 67 dias após a emergência das plântulas quando as vagens estavam no ponto de maturação, realizou-se a colheita na área útil de cada parcela (3,2 m²) visando a obtenção das estimativas de produtividade em cada tratamento. A produção de grãos por planta foi determinada pelo quociente entre o total produzido em gramas e o número de plantas úteis.

Para obtenção da massa de cem sementes foram tomadas dez amostras de dez sementes de cada parcela que foram pesadas individualmente, e em seguida extraíram-se as médias para cada repetição. A eficiência relativa foi calculada mediante a expressão 01.

$$ER = \frac{FI}{FCN} \times 100 \dots\dots\dots \text{Expressão 01}$$

Sendo: ER = Eficiência relativa (%);

FI = Produção de fitomassa do tratamento inoculado;

FCN = Produção de fitomassa do tratamento adubado com nitrogênio;

3.4. Análises estatísticas

Os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos a uma análise exploratória (Teste de Lilliefors), com o intuito de verificar se os mesmos atendem aos pressupostos da análise de variância. Em seguidas os dados foram submetidos à análise da variância aplicando-se o teste F a 5 % de probabilidade, havendo efeito significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software* SAEG v. 9.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Número e massa de nódulos por planta

Observando os quadrados médios de tratamentos se verificou efeito significativo para o número de nódulos por planta e a massa fresca dos nódulos pelo teste F ($p \leq 0,05$), por outro lado para a massa seca dos nódulos não houve efeito significativos entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Resumos das análises das variâncias para os dados de número de nódulos por planta (NNP), massa fresca dos nódulos (MFN) e massa seca dos nódulos (MSN). Pombal - PB, 2009.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		NNP	MFN	MSN
Tratamentos	5	177,2107 *	0,0952 *	0,0029 ns
Bloco	3	87,2183 ns	0,0863 ns	0,0061 ns
Resíduo	15	44,0166	0,0348	0,0022
Total	23	-	-	-
CV (%)	-	31,75	23,80	15,69

(**), (*), (ns) significativos a 1%, 5% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

Pelo teste de comparação de médias entre os tratamentos verificou-se que para a variável número de nódulos por planta (NNP), a estirpe UFLA 03-154 (42c8), com uma média de 29,57 nódulos por planta, foi a que conferiu os maiores valores, sendo superior ao tratamento onde não realizou inoculação nem tampouco adubação nitrogenada (T s/n), entre os demais tratamentos não houve diferença (Tabela 4). Este resultado indica que as estirpes nativas não foram capazes de promoverem uma maior nodulação, tendo em vista que o tratamento T s/n, foi o que conferiu os menores valores para o NNP, estes resultados estão de acordo com os obtidos por Soares et al. (2006), que também observaram valores médios do número de nódulos por planta semelhantes aos verificados no presente estudo (31,10 e 31,17 para as estirpes UFLA 03-84 e I-03-11B respectivamente). Tal fato reflete possivelmente a maior capacidade competitiva de tais estirpes em nodular o feijão-caupi.

Para a característica massa fresca dos nódulos (MFN) observou mais uma vez que a estirpe UFLA 03-154 (42c8) que obteve um maior NNP, também conferiu a maior MVN sendo superior ao tratamento sem inoculação e sem adubação nitrogenada (Tabela 4). Tal resultado é coerente, pois o tratamento com maior NNP, também é aquele com maior MVN.

Tabela 4. Médias do número de nódulos por planta (NNP) e massa fresca dos nódulos (MFN), nos diferentes tratamentos. Pombal - PB, 2009.

Tratamentos	NNP	MFN (g)
UFLA 03-84	20,02 AB	0,77 AB
I-03-11B	21,12 AB	0,75 AB
BR 3267	27,07 AB	0,94 AB
UFLA 03-154 (42c8)	29,57 A	0,97 A
T s/n	12,07 B	0,57 B
Tc/n	15,47 AB	0,67 AB
Dms	15,22	0,37

Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos para os dados de massa seca dos nódulos, cujas medias estão presentes na Figura 1, por estes resultados constata-se que a média geral foi de 0,30 g por planta, independente dos tratamentos. O tratamento que apresentou a maior massa seca dos nódulos foi o inoculado com a estirpe BR 3267 com 0,33 g. cujo valor foi superior aos obtidos por Soares et al. (2006) que encontraram o valor médio de MSN de 0,2 g por planta e Morgado et al. (2009) que obtiveram 0,01 g por planta com a estirpe BR 3267 utilizando o cultivar de caupi IPA 206.

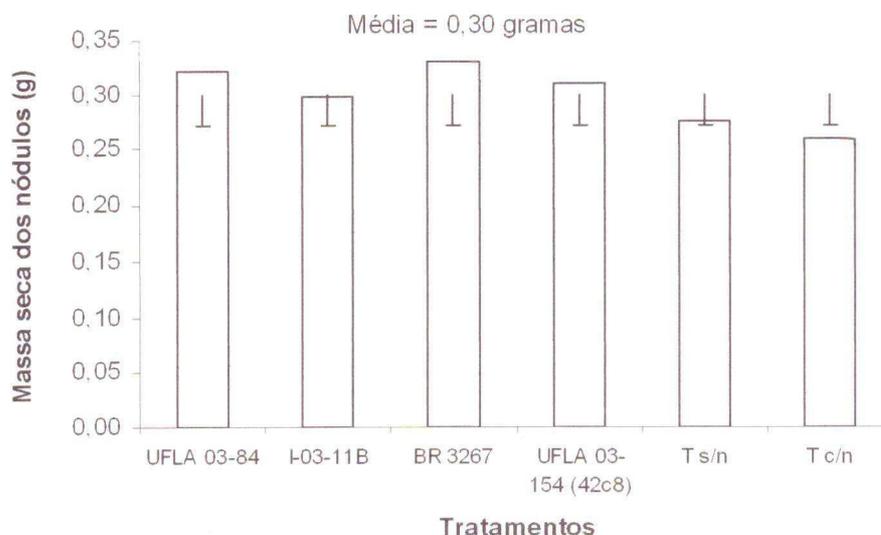


Figura 1. Massa seca dos nódulos por planta, mediante a inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.

4.2. Fitomassa verde total, fitomassa verde aérea e fitomassa verde da raiz

Observando os quadrados médios de tratamento verifica-se que não houve efeito significativo para a produção de fitomassa verde total, fitomassa verde da raiz e fitomassa verde aérea entre os tratamentos estudados, de acordo com o teste F, (Tabela 5).

Tabela 5. Resumos das análises das variâncias para os dados de fitomassa verde total (FVT), fitomassa verde radicular (FVR) e fitomassa verde aérea (FVPA). Pombal - PB, 2009.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		FVT	FVR	FVPA
Tratamentos	5	3230,842 ns	39,1416 ns	2659,067 ns
Bloco	3	8284,486 ns	27,1527 ns	8066,389 ns
Resíduo	15	4315,019	23,9194	3833,289
Total	23	-	-	-
CV (%)	-	29,45	25,13	30,41

(ns), não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Dentre os tratamentos aquele que recebeu adubação nitrogenada (T c/h) e o inoculado com a estirpe I-03-11B, foram os que apresentaram os maiores valores de fitomassa verde total ambos com 246 gramas por planta. Em termos relativos, para o presente trabalho e nas condições em que o mesmo foi desenvolvido, a parte aérea do feijão-caupi representou cerca de 90 % da produção total de fitomassa verde, enquanto as raízes corresponderam apenas a 10 % do total produzido, independente do tratamento (Figura 2). É provável, que as condições de irrigação em que o experimento foi conduzido, tenham contribuído com esta distribuição de biomassa no caupi. Tendo em vista que tal cultura é por muitos autores considerada como tolerante a estresse hídrico moderado, sobretudo pela capacidade que tem de investir parte dos fotossimilados, em um sistema radicular profundo e vigoroso capaz de explorar grande volume de solo.

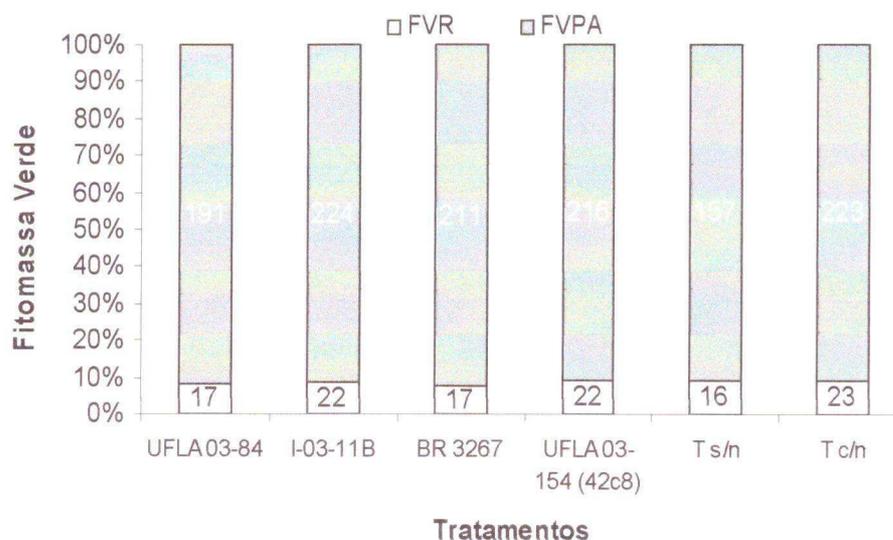


Figura 2. Produção de fitomassa verde da parte aérea (FVPA) e fitomassa radicular verde (FVR) do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrrhizobium*. Os valores dentro de cada coluna correspondem as médias de tratamento em gramas. Pombal, PB, 2009.

4.3. Fitomassa seca total, fitomassa seca aérea e fitomassa seca da raiz e eficiência relativa

Pelos quadrados médios dos tratamentos verificou-se efeito significativo para massa seca da parte aérea e massa seca total pelo teste F ($p \leq 0,01$). Por outro lado para a massa seca da raiz não houve efeito significativo entre os tratamentos estudados pelo teste F (Tabela 6).

Tabela 6. Resumos das análises das variâncias para os dados de massa seca aérea, massa seca da raiz, massa seca total e eficiência relativa. Pombal - PB, 2009.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			Eficiência relativa
		Massa seca aérea	Massa seca da raiz	Massa seca total	
Tratamentos	5	860,9750 **	0,29 ns	869,87 **	2.440 **
Bloco	3	59,3750 ns	0,94 *	55,60 ns	1.873 **
<i>Resíduo</i>	15	93,9750	0,21	95,60	268
Total	23	-	-	-	-
CV (%)	-	16,67	23,9	16,27	16,00

(**), (*), (ns) significativos a 1%, 5% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

A menor produção de fitomassa seca total foi obtida no tratamento (T s/n), onde não realizou inoculação com as estirpes selecionadas, nem tampouco, adubação nitrogenada (Figura 3), este comportamento pode revelar a ineficiência das estirpes nativas em suprir a cultura do nitrogênio requerido para um crescimento adequado da planta, tanto da parte aérea como da radicular. O tratamento com a maior produção de fitomassa foi o inoculado com a estirpe INPA-03-11B, o qual superou estatisticamente apenas o tratamento (T s/n). Como não houve diferença estatística entre os demais tratamentos, infere-se que as estirpes testadas, bem como a adubação nitrogenada em T c/n, foram eficientes na produção de uma maior quantidade de fitomassa em relação à testemunha (T s/n).

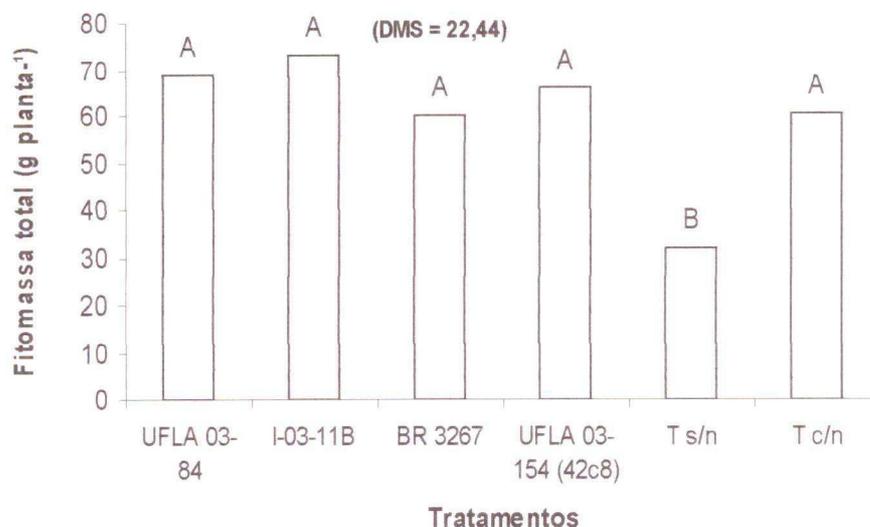


Figura 3. Fitomassa seca total do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*, Pombal - PB, 2009. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p= 0,05$).

Com relação a produção de fitomassa aérea, o comportamento observado foi semelhante ao da produção de fitomassa total, onde (T s/n) teve a menor produção e diferiu dos demais tratamentos. O maior valor médio foi verificado no tratamento inoculado com a estirpe I-03-11B, cujo valor foi de 71 gramas de matéria seca por planta (Figura 4). Soares et al. (2006) trabalhando com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*, também obtiveram maior produção de matéria seca da parte aérea quando as sementes foram inoculadas com a estirpe I-03-11B, quando foram comparadas apenas as demais estirpes. Todavia, para os referidos autores o tratamento sem inoculação e com adubação nitrogenada foi o que conferiu os melhores resultados, com a produção de 13,63 gramas por planta. Gualter et al. (2008) trabalhando com a estirpe BR 3262 verificaram uma produção de massa seca aérea de 134,25 gramas por planta, o que supera em muito o valor médio encontrado no presente estudo. Contudo, vale informar que os referidos autores também utilizaram em seu trabalho o micronutriente Molibdênio que pode ter concorrido para a obtenção de melhores resultados.

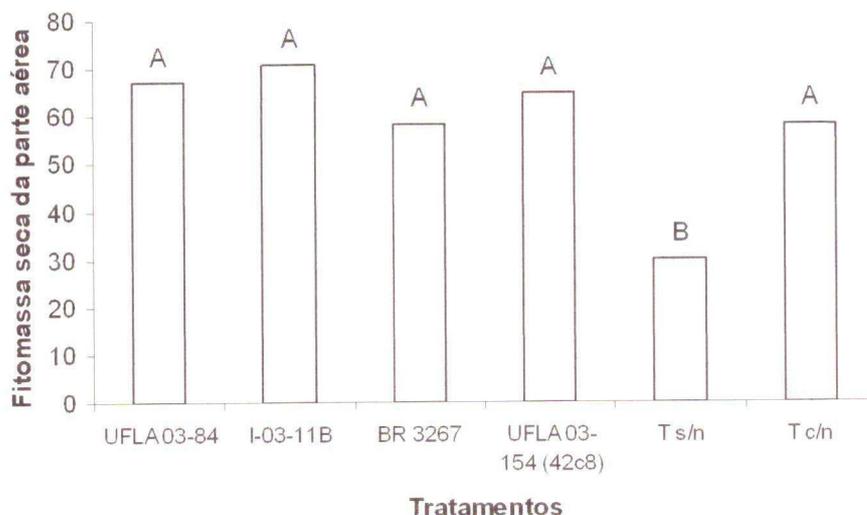


Figura 4. Médias dos dados da produção de fitomassa seca da parte aérea, do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (DMS= 22,24). Pombal – PB, 2009.

Com relação a fitomassa radicular não constatou diferença entre os tratamentos, e a massa da raiz ficou em torno de 1,9 gramas por planta independente do tratamento (Figura 5). Os tratamentos com as maiores produções de fitomassa radicular foram os inoculados com as estirpes UFLA 03-84; I-03-11B, BR 3267 e aquele que recebeu adubação nitrogenada, cujas médias possuem desvio padrão superiores a média geral de 1,9 g. Tal valor é inferior ao mencionado por Gualter et al. (2008) de 7,97 gramas, o que reflete diferenças entre os genótipos de caupi, estirpes de rizóbios, bem como as características peculiares a cada experimento e região de estudo.

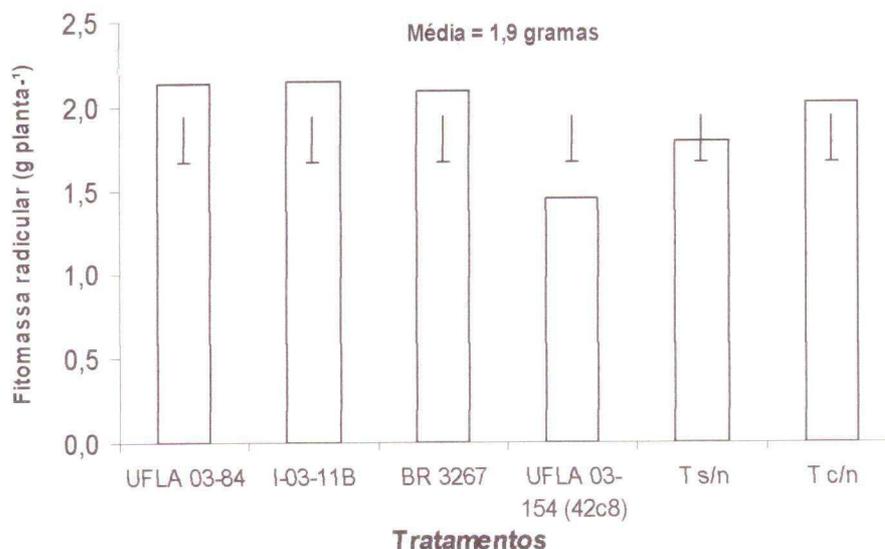


Figura 5. Médias dos dados da produção de fitomassa seca radicular do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal – PB, 2009.

Os valores médios da eficiência relativa das estirpes são apresentados na Figura 6. De acordo com os resultados foi verificado que a estirpe I-03-11B foi a que mais se destacou com valor de 125,25 %, ou seja, apresentou 25,25 % a mais de eficiência em relação ao tratamento adubado com nitrogênio, tais resultados são semelhantes aos obtidos por Soares et al. (2006) que também constataram superioridade para a estirpe I-03-11B, quanto a eficiência relativa. Todavia os referidos autores obtiveram eficiência relativa de 84,40 % com tal estirpe que é inferior ao obtido para a mesma estirpe no referido trabalho, o que se deve possivelmente as particularidades de cada experimento. O tratamento sem inoculação e sem adubação foi o que teve a menor eficiência relativa 55,56 %.

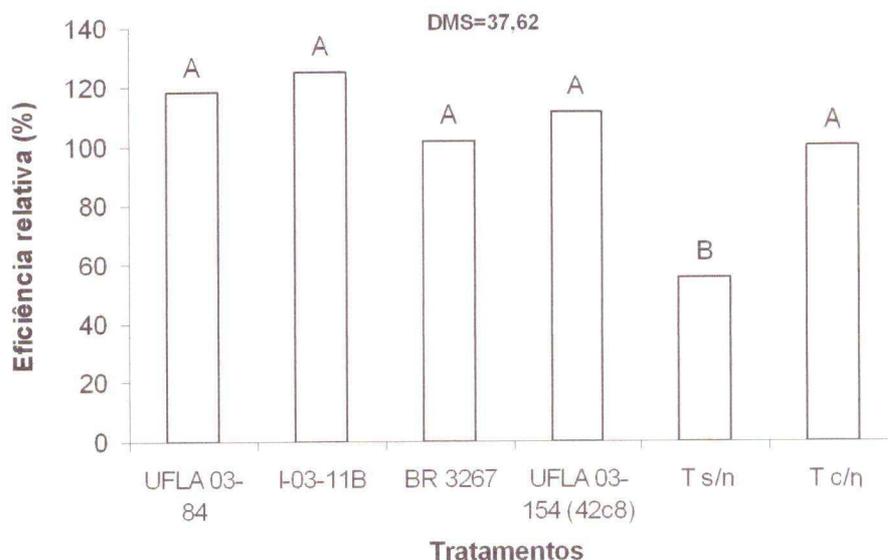


Figura 6. Médias dos dados da eficiência relativa das diferentes estirpes de *Bradhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Pombal – PB, 2009.

4.4. Comprimento de vagem, número de grãos por vagem e número de vagens por planta

Observando os resumos das análises das variâncias verificou-se efeito significativo dos tratamentos para o número de vagem por planta pelo teste F ($p \leq 0,05$). Também houve efeito significativo de bloco para este componente de produção. Por outro lado para o comprimento de vagem e número de grãos por vagem não houve efeito significativo dos tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7. Resumos das análises das variâncias para os dados de comprimento de vagem, número de grãos por vagem e número de vagens por planta. Pombal - PB, 2009.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Comprimento de vagem	Número de grãos por vagem	Número de vagens por planta
Tratamentos	5	0,6490 ns	1,1776 ns	23,9644 *
Bloco	3	0,8472ns	1,9477 ns	41,3270 **
Resíduo	15	0,5385	0,8467	7,2124
Total	23	-	-	-
CV (%)	-	4,86	9,75	19,85

(**), (*), (ns) significativos a 1%, 5% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

De acordo com o teste de comparação de médias, o tratamento com o maior número médio de vagens por planta foi aquele inoculado com a estirpe UFLA 03-154 (42c8), com valor de 17,55 vagens, sendo superior ao tratamento inoculado com a estirpe BR 3267, onde houve em média, a produção de apenas 10 vagens por planta, entre os demais tratamentos não houve diferença (Figura 7). Vale lembrar que embora não tenha ocorrido diferença entre as médias de tratamentos para o rendimento de grãos, foi no tratamento inoculado com a estirpe UFLA 03-154 (42c8) onde se obteve a maior produtividade, o que pode ser reflexo do maior número de vagens verificado neste tratamento, indicando a maior eficiência de tal estirpe. Os valores médios do número de vagens por planta obtidos no presente estudo são superiores aos obtidos por Mendes et al. (2007) com 7,75 vagens por planta e Santos et al. (2009) com 10,05 vagens por planta.

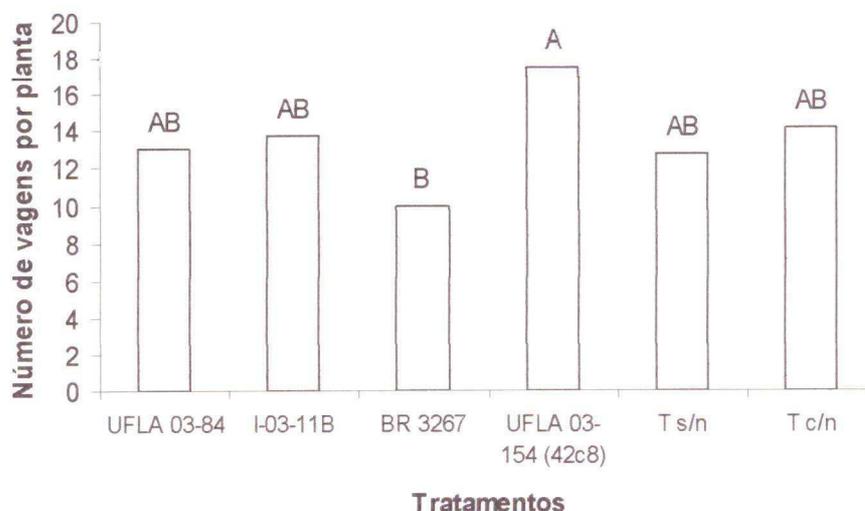


Figura 7. Número médio de vagem por planta do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As colunas seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p= 0,05$). DMS = 6,16. Pombal, PB, 2009.

Os valores médios do comprimento de vagens estão presentes na Figura 8. Observando-se o desvio padrão das médias de cada tratamento em relação à média geral, percebe-se que para os tratamentos UFLA 03-154 (42c8), T s/n e T c/n, houve um desvio acima da média. O comprimento médio foi de 15 cm que é inferior aos 18,94 cm por vagem, verificado por Mendes et al. (2007) trabalhando com os cultivares de caupi Epace 10 e Seridó, e aos relatados por Santos et al. (2009) de 16,30 cm em média.

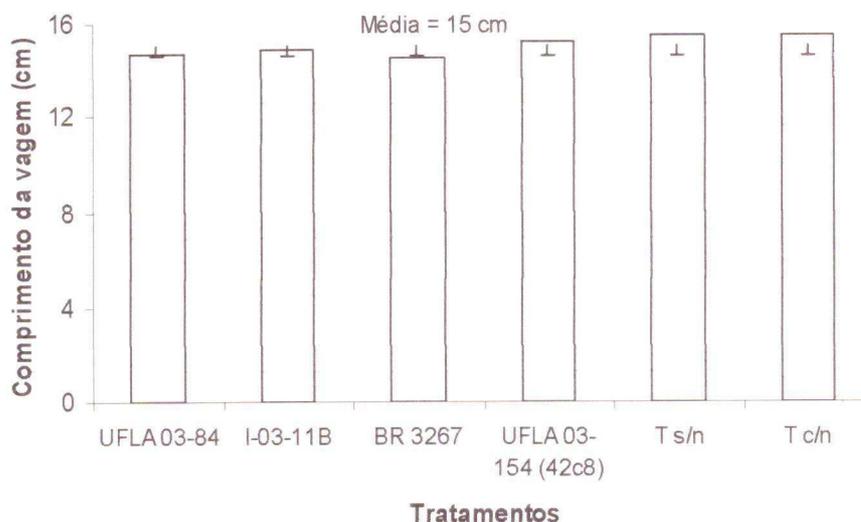


Figura 8. Comprimento (cm) da vagem do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrrhizobium*, as barras verticais representam o desvio padrão da média, (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). Pombal, PB, 2009.

Para o componente de produção número de grãos por vagem, não verificou-se diferença entre as médias dos tratamentos, o que é coerente, tendo em vista que o comprimento de vagem também não variou entre os tratamentos estudados. Desse modo, se as vagens tiveram tamanho semelhante, é comum que guardem esta similaridade quanto ao número de grãos por vagem. Mendes et al. (2007) também observaram que o comprimento e o número de grãos por vagem não variaram entre os tratamentos estudados. Tais autores verificaram uma produção média de 9,58 grãos em cada vagem, valor semelhante ao obtido no presente trabalho de 9,43 (Figura 9). Todavia, Santos et al. (2009) obtiveram uma média 12,50 grãos por vagem, que é superior ao obtido no presente estudo, este fato se deve, possivelmente, a utilização de diferentes cultivares.

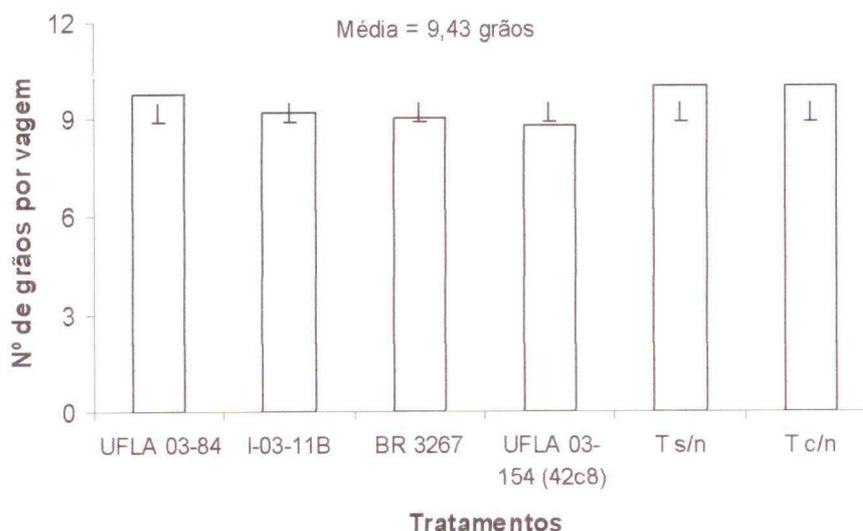


Figura 9. Número médio de grão por vagem do feijão-caupi cv. Nova era, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradhrrhizobium*, as barras verticais representam o desvio padrão da média. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). Pombal, PB, 2009.

4.5. Produtividade, produção de grãos por planta e massa de cem sementes

Observando os quadrados médios de tratamentos para as características produtividade, produção de grão por planta e massa de cem sementes (Tabela 8) nota-se que não houve efeito dos tratamentos sobre tais componentes de produção pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Tabela 8. Resumos das análises das variâncias para os dados de produtividade, produção de grãos por planta e massa de cem sementes. Pombal - PB, 2009.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Produtividade	Produção de grão por planta	Massa de cem sementes
Tratamentos	5	101407 ns	103,8417 ns	12,41 ns
Bloco	3	134806 ns	138,0417 *	9,83 ns
Resíduo	15	55639	56,9750	16,08
Total	23	-	-	-
CV (%)	-	27,74	27,74	12,97

(ns) não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os valores médios para produção de grãos por planta são apresentados na Figura 10, a título de informação, pode-se relatar que em média cada planta produziu 27 gramas de grãos, independente do tratamento. Cumpre informar que o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o inoculado com a estirpe de *Bradyrhizobium* UFLA 03-154 (42c8) com 33 g planta⁻¹, também foi neste tratamento onde se obteve o maior número de nódulos por planta bem como uma maior massa de nódulos por planta, indicando que uma maior nodulação também conferiu maior produção de grãos por planta. Por outro lado o tratamento inoculado com a estirpe BR 3267 foi o que apresentou menor valor quando comparado com aos demais.

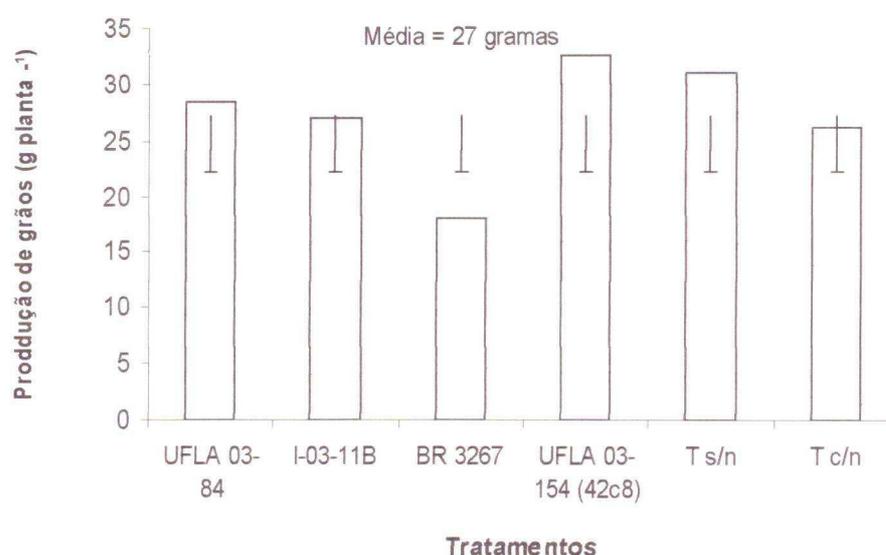


Figura 10. Produção de grãos por planta, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.

Os valores médios da estimativa de produtividade de grãos por hectare são apresentados na Figura 11. Pelos resultados não verificou diferença entre as médias dos tratamentos. Para tal característica a média geral independente do tratamento foi de 850 kg ha⁻¹. A maior produtividade foi constatada no tratamento inoculado com a estirpe UFLA 03-154 (42c8) com 1.015 kg ha⁻¹. Soares et al. (2006) trabalhando com a estirpe UFLA 03-154 (42c8) e com o cultivar de caupi BR-14 Mulato obtiveram resultados semelhantes, embora os apresentados no presente estudo sejam

superiores, por outro lado Gualter et al. (2008) trabalhando com a cultivar BRS Guariba inoculada com a estirpe 3262, obtiveram índices de produtividade superiores ao presente estudo, o que denota diferenças no potencial produtivo dos cultivares, bem como nas condições edafoclimáticas particulares a cada estudo. É importante ressaltar que mesmo sem diferença estatística entre as médias dos tratamentos, aquele inoculado com a estirpe UFLA 03-154 (42c8) além de conferir maiores níveis de produtividade, também concorreu para uma maior produção de grãos por planta, bem como maior massa de nódulos.

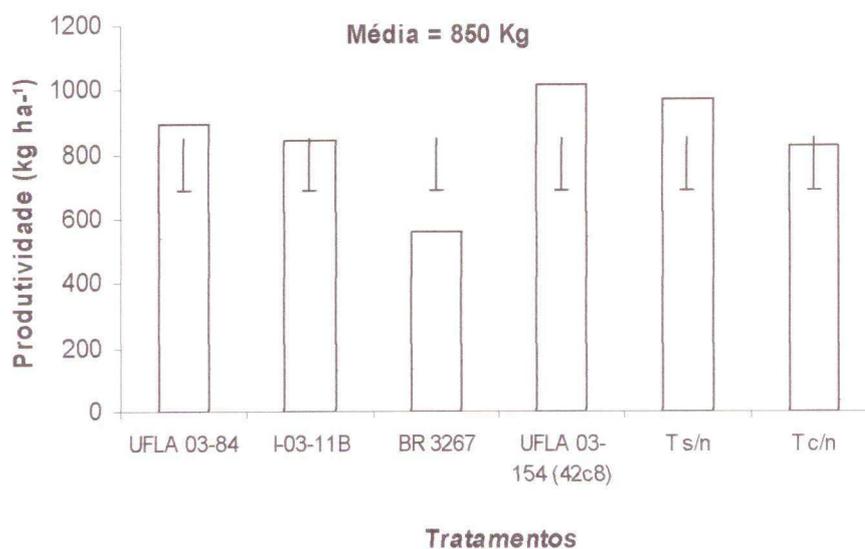


Figura 11. Rendimento de grãos de feijão-caupi, mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.

Para componente de produção massa de cem sementes também não verificou diferença em função dos tratamentos utilizados. Em média a massa de cem sementes foi de 30,91 gramas. Além disso, pode-se observar que os tratamentos (T s/n) e o inoculado com a estirpe UFLA 03-84 foram os que apresentaram maior massa de cem sementes (Figura 12). Em média os valores de massa de cem sementes obtidos no presente estudo são superiores aos reportados por Santos et al. (2009) que encontraram média de 28,50 gramas.

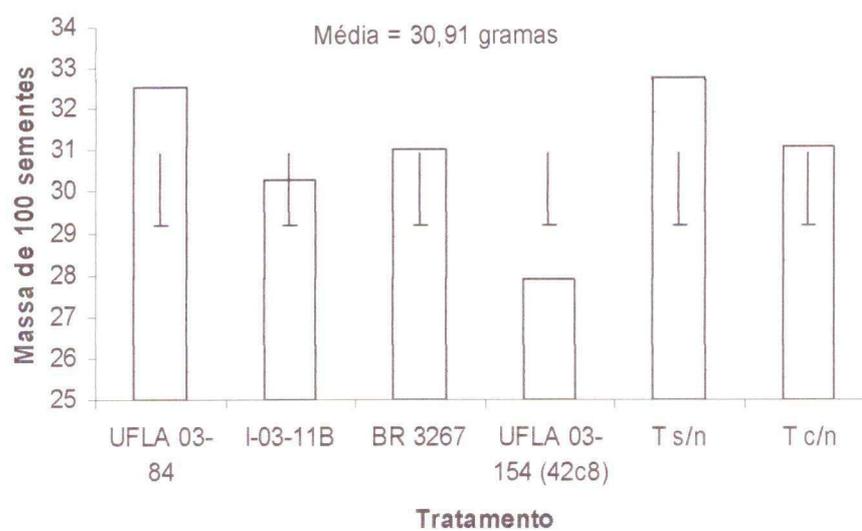


Figura 12. Massa de cem sementes do feijão-caupi (g), mediante inoculação com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium*. (T s/n = Sem inoculação e sem nitrogênio; T c/n sem inoculação e com nitrogênio). As barras verticais indicam o desvio padrão da média. Pombal - PB, 2009.

5. CONCLUSÕES

Todos os inoculantes testados tiveram número e matéria fresca de nódulos, e a produção de fitomassa semelhantes ao tratamento que recebeu adubo nitrogenado, com destaque para a estirpe inoculante UFLA 03-154 (42c8), dessa forma, são capazes de fornecer o nitrogênio necessário para o desenvolvimento do feijão-caupi e diante dessa eficiência, possuem potencial para serem utilizadas como inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal – PB;

As populações de bactérias que são capazes de nodular o feijão-caupi, nativas da área do experimento obtiveram valores de número e matéria fresca de nódulos semelhantes aos demais tratamentos, diferindo com valores inferiores apenas aos da estirpe inoculante, UFLA 03-154 (42c8), porém em relação a produção de fitomassa foi inferior a todos os demais tratamentos, evidenciando, desta forma a sua ineficiência;

A produtividade do feijão-caupi não foi afetada pelas estirpes avaliadas nem pela adubação nitrogenada;

A maior eficiência relativa com relação a produção de fitomassa total foi obtida com a estirpe I-03-11B que superou em 25,25 % o tratamento adubado com nitrogênio. Em oposição à testemunha sem nitrogênio e sem inoculação apresentou a menor eficiência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. *Cultivo de Feijão-Caupi: Importância econômica*. Embrapa Meio-Norte, Teresina, jan. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/importancia.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. *Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense*. 2000. 566f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

CABALLERO, S. V.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; MATSUI, E. & VICTORIA, R. L. *Utilização de fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão*. Pesq. Agropec. Bras., 20:1031-1040, 1985.

CASTRO, M. C.; 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*. Pesq. Agropec. Bras, v.39, p.779-785, 2004.

CARDOSO, M. J. & RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônomo do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. Revista Ciência Agronômica, v.37, p.102-105, 2006

CONAB 2008. *Feijão total (1ª, 2ª e 3ª safras)*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/FeijaoTotalSerieHist.xls>>. Acesso em: 05 de novembro de 2009.

EMBRAPA MEIO-NORTE. *Cultivo de feijão caupi*. Jul/2003. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/FeijaoCaupi/referencias.htm>>. Acesso em: 05 de novembro de 2009.

FRANCO, A. A. & NEVES, M. C. P. *Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio*. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Ed.) Microbiologia do Solo. Campinas: SBCS, 1992, p. 219-230.

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, n.8, p. 1145-1150, 2002.

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

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINO FILHO, J. & ROCHA, M. M. *BRS Marataoã: novacultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde*. Revista Ceres, v.52, p.771-777, 2006.

FOLHA DE SÃO PAULO. *Agricultura familiar produz 70% do feijão no país*. Clipping - seleção de notícias. Disponível em: <<http://clippingmp.planejamento.gov.br/cadastros/noticias/2009/10/1/agricultura-familiar-produz-70-do-feijao-no-pais>>. Acesso em: 13 de dez. de 2009.

GRANGEIRO, T.B. et al. *Composição bioquímica da semente*. In: FREIRE FILHO, F.R. et al. (Ed.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.338-365.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M. & COSTA, D. B. *Inoculação e adubação mineral em feijão Caupi: Efeitos na nodulação, crescimento e produtividade*. *Sci. Agrar.*, v. 9, p.469-474, 2008.

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*, Amsterdam, v. 65, p. 151-164, 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. & ARAUJO, R. S. *Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro*. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997. p.189-294.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Sistema IBGE de Recuperação automática - SIDRA, 2005. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: outubro de 2009.

MENDES, R. M. S; TÁVORA, F. J. A. F; PITOMBEIRA, J. B. & NOGUEIRA, R. J. M. C. *Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a deficiência hídrica*. *Revista ciência agrônômica* v.38 n1. pág.95-103,2007

MERCANTE, F. M.; TEIXEIRA, M. G.; ABOUD, A. C. S. & FRANCO, A. A. *Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas*. *R. Univ. Rural: Sér. Ciênc. Vida*, 21:127-146, 1999.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MORGADO, L. B.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G.R. & RUNJANEK, N. G. *Avaliação do potencial de estirpes de rizóbio em fixar nitrogênio associadas ao feijão-caupi em Petrolina - PE*. Disponível em: <www.cpamn.embrapa.br/anaisConac2009/Resumos/Mios.PDF>. Acesso em: 05 de novembro de 2009.

NEVES, M. C. P. & RUNJANEK, N. G. *Diversity and adaptability of Soybean cowpea rhizobia in tropical soils*. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 889-895,1997.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, V. R. F.; ARRUDA, F. P.; NASCIMENTO, I. S. & ALVES, A. U. *Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio*. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 1, p. 77-80, 2003.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R. & NEVES, M. C. P. *Fixação biológica do nitrogênio*. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.) *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: Embrapa, 2005. p. 281-335.

RUMJANEK, N. & XAVIER, G. *Inoculação do feijão-caupi: uma tecnologia que garante aumento real na produtividade*. 2007. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br>>. Acesso em: 23 de julho de 09.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. & MELO, M. L. B. *Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais*. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:1265-1271, 2003.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. & MENEZES, E. A. *Comportamento produtivo do caupi em regime irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro*. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2229-2234, 2000.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. & BRITO, C. H. *Produção e Componentes Produtivos de Variedades de Feijão Caupi na Microregião Cariri Paraibano*. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 6, n. 1, p. 214-222, jan/abr 2009.

SILVA, R. P. da; SANTOS, C. E. dos; LIRA JÚNIOR, M. A. & STAMFORD, N. P. *Efetividade de estirpes selecionadas para feijão caupi em solo da região semi-árida do sertão da Paraíba*. Recife. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.3, n.2, p.105-110, abr/jun., 2008

SINGH B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B. & FREIRE FILHO, F. R. *Recent progress in cowpea breeding*. In: FATOKUN, C.A.; TARAWALI, S.A.; SINGH, B.B.; KORMAWA, P.M.; TAMO, M. (Ed.). *Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production*. Ibadan: IITA, 2002. p.287-300.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M. & ARAUJO, R. S. *Microrganismos e processos biológicos do solo: Perspectiva ambiental*. Santo Antônio de Goiás, Embrapa-CNPAP; Londrina, Embrapa-CNPSo; Brasília, Embrapa-SPI, 1994. p.47-50.

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), 1 – caupi*. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.*, 30:795-802, 2006.

STAMFORD, N. P.; FREITAS, A. D. S.; FERRAZ, D. S. & SANTOS, C. E. R. S. *Effect of sulphur inoculated with Thiobacillus on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes*. *J. Agric. Sci.*, 139:275-281, 2002b.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G. & MERCANTE, F. M. *Fixação biológica de nitrogênio*. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. & STONE, L.F. *Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais*. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002b. p.122-153.

STRALIOTTO, R. 2002a. *A Importância Da Inoculação Com Rizóbio Na Cultura Do Feijoeiro*. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegoçio.com.br>>. Acesso em: 23 de julho de 09.

THIES, J. E.; SINGLETON, P. W. & BOHLOOL, B. *Influence of the size of indigenus rhizobial populatin on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-crop legumes*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 57, n. 1, p. 19-28, 1991a.

VARGAS, M. A. T. & SUHET, A. R. *Efeitos da inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 4, p.17-21. 1980.

VILARINHO, A. A. *BRS Novaera-nova cultivar de feijão-caupi para a Região do Norte - Brasil*. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/NovaEra/index.htm>. Acesso em: 15 de outubro de 09.

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