



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PRODUÇÃO DE FEIJÃO MACAÇAR (*Vigna unguiculata* (L.)
WALP.) E RECUPERAÇÃO DA FERTILIDADE DE UM
LUVISSOLO VIA FERTILIZAÇÃO E INOCULAÇÃO COM
RIZÓBIO.**

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS

PATOS – PB

2010

FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS

PRODUÇÃO DE FEIJÃO MACAÇAR (*Vigna unguiculata* (L.)
WALP.) E RECUPERAÇÃO DA FERTILIDADE DE UM
LUVISSOLO VIA FERTILIZAÇÃO E INOCULAÇÃO COM
RIZÓBIO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em Zootecnia, área de
concentração Sistemas Agrosilvipastoris no
Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Olaf Andreas Bakke

Co-orientador: Prof. Dr. Diércules Rodrigues dos Santos

Patos – PB
2010

FICHA CATALOGRÁFICA
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Biblioteca Central

S237p SANTOS, Fabiana do Nascimento
Produção de feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L)
WALP.) e recuperação da fertilidade de um Luvissole
via fertilização e inoculação com rizóbio . / Fabiana do
Nascimento Santos.- Patos, CSTR/UFCG, 2010.
46 fls. il.

Orientador: Dr. Olaf Andréas Bakke
Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Sistemas
Agrosilvipastoris no Semiárido). Centro de Saúde e
Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina
Grande

1 Fixação de nitrogênio. 2. Produção. 3. Fertilidade
I. Título II. Universidade Federal de Campina Grande

BC

CDU: 631.461

Francisco das Chagas Leite – Bibliotecário CRB 15/0076



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Produção de feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L) WALP.) e recuperação da fertilidade de um Luvissole via fertilização e inoculação com rizóbio.

AUTORA: FABIANA DO NASCIMENTO SANTOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. OLAF ANDREAS BAKKE

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO


Prof. Olaf Andreas Bakke
Presidente


Prof. Alexandre Eduardo de Araújo
1º Examinador


Prof. Antônio Lucineudo de Oliveira Freire
2º Examinador

Patos - PB, 12 de março de 2010


Prof. Aderbal Marcos de Azevêdo Silva
Coordenador

UFCG/BIBLIOTECA

DEDICO

Ao meu Deus, pois toda honra e toda glória seja dada a Ele.

À minha amada mãe (Maria de Fátima do Nascimento Santos), que de todos os professores que já tive, foi com ela que eu tive os mais preciosos ensinamentos: respeito, compreensão, responsabilidade, força e, principalmente amor. Mãe, você é um presente de Deus na minha vida.

Ao meu esposo (José Sales Alves Wanderley Júnior), que ao meu lado vem sempre construindo coisas boas e que Deus colocou na minha vida para que fossemos um só. Te amo muito.

Aos meus irmãos: Francisco dos Santos Júnior, Sandra do Nascimento Santos Ribeiro, Suzana do Nascimento Santos, Simone do Nascimento Santos e Flávia Daniele do Nascimento Santos Dias. Agradeço a Deus por vocês existirem na minha vida.

Aos meus sobrinhos: Ana Cecília, Maria Clara, Samara Kelly, Merlin Júnior, Larissa Elizabete, Lívia Maria, Maria Luíza, Francisco Neto. Vocês são a alegria da família.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que tem feito em minha vida, principalmente o amor e o cuidado, e por tudo que Ele ainda vai fazer, pois os que confiam no Senhor não se abalam, mas permanecem para sempre.

À minha mãe, por ter orado por mim de forma especial e por ter me amado desde o seu ventre. Eu te amo mãe, você é o amor da minha vida.

Ao meu esposo por ser compreensivo, por me amar, por ser acima de tudo meu companheiro em todos os momentos, sejam eles alegres ou tristes. “O meu Deus é o teu Deus. Tua nação é o meu lugar. Onde fores, irei. E o que tiver que passar, eu passarei contigo, o amor faz milagres tudo podes ver, nem me lembro de mim sem você.”

Aos meus irmãos de sangue e em cristo: Sandra, Júnior, Flávia Simone e Suzana que juntos oraram e pediram a Deus por esse milagre. E o milagre chegou. “Amém irmãos, aleluia. Toda honra e toda glória é de Jesus.” Deus tem um plano maravilhoso na vida de vocês.

Aos meus sobrinhos e sobrinhas (Lalá, Lili, Samara, Juninho, Larissa, Malú, Lívia e Neto), por me proporcionarem momentos de alegrias. Continuem nos caminhos do Senhor.

Aos meus cunhados (Berg, Merlin e Kézia), e ao meu padrasto (Antônio), por terem torcido e orado por mim. Que Deus continue abençoando vocês.

Ao grupo de mães da Congregação Evangélica Batista de Areia, por terem orado sem cessar pela minha vida. Deus recompensará vocês.

À Dona Luzanira (Vovó) e ao Seu Paulo (Vovô), por terem me acolhido na família de vocês e por terem cuidado de mim, como neta. Vocês acompanharam bem de perto as minhas correrias e as minhas alegrias durante o trabalho. Agradeço de coração. Amo vocês.

À Dona Alana e ao Seu Sales, por me ajudarem no decorrer dessa etapa da minha vida, pois vocês foram muito importantes pra mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Olaf Andreas Bakke e ao meu co-orientador Prof. Dr. Diércules Rodrigues dos Santos, por terem sido tão compreensivos e por terem me orientado.

À banca examinadora nas pessoas de Prof. Dr. Antônio Lucineudo de Oliveira Freire e Prof. Dr. Alexandre Eduardo de Araújo, por terem aceitado dar suas contribuições no trabalho.

Aos meus amigos: Felipe, Diflávia, Petruska, Tatiane, Iere, Nilton, Simone e Tibério Obrigada por tudo e que Deus abençoe vocês.

À equipe do Projeto de Formação de Agentes de Desenvolvimento Rural Sustentável do Campus III – Bananeiras - PB: Alexandre, Albertina, Ana Maria, Wagner, Jozias, Nirley, Daniele, Emanuel, Lucas, Wênia, Simão. Agradeço a paciência, a compreensão e a torcida de vocês.

Aos professores do Campus: Ivonete, Olaf, Jacob, Ana Célia e Diércules, por terem contribuído com a minha formação.

Ao secretário da coordenação, Ari, por todos os avisos, todas as informações. Você foi muito atencioso. Deus te abençoe.

Ao CNPq pela bolsa concedida através do projeto do CCHSA/UFPB - Campus III – Bananeiras.

Enfim, a todos e todas que de alguma maneira contribuíram para que esse trabalho fosse concluído. Deus dará a recompensa.

“São muitas, Senhor, Deus meu, as maravilhas que tens operado e também os teus desígnios para conosco; ninguém há que se possa igualar contigo. Eu quisera anunciá-los e deles falar, mas são mais do que se pode contar”. (Salmo 40: 5)

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1.INTRODUÇÃO	11
2.REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Cultivo de feijão macacar	13
2.2 Solos do semiárido	13
2.3 Fontes de N para os solos	15
2.3.1 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	15
2.3.1.1 Simbiose rizóbio/fabáceae	17
2.3.2 Adubação mineral	18
2.3.3 Esterco bovino	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Caracterização da área experimental	20
3.2 Semeadura e inoculação	21
3.3 Aplicação dos tratamentos	22
3.4 Coleta de dados	22
3.5 Delineamento experimental	23
3.6 Análise estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Número de nódulos	24
4.2 Massa seca dos nódulos	25
4.3 Massa seca média dos nódulos	26
4.4 Matéria seca da parte aérea (MSPA)	27
4.5 Massa seca da raiz (MSR)	28

4.6 Nitrogênio total acumulado na parte aérea (NTAPA)	29
4.7 Eficiência relativa (Efr)	31
4.8 Característica química do solo	33
5. CONCLUSÕES	36
7. REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE	46

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1	Características químicas do solo da área experimental antes do plantio e após a colheita	33
-----------------	--	----

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1	Número de nódulos na raiz de macaçar em função dos tratamentos aplicados	24
Figura 2	Massa seca total dos nódulos em função dos tratamentos aplicados	26
Figura 3	Massa seca média dos nódulos em função dos tratamentos aplicados	27
Figura 4	Matéria seca da parte aérea em função dos tratamentos aplicados	28
Figura 5	Matéria seca das raízes em função dos tratamentos aplicados	29
Figura 6	N total acumulado na parte aérea das plantas de feijão macaçar em função dos tratamentos aplicados	30
Figura 7	N-total acumulado na parte aérea da planta de feijão macaçar em função da massa dos nódulos	31
Figura 8	Eficiência relativa da matéria seca da parte aérea, do N total acumulado na parte aérea e da produção de grãos em função dos tratamentos aplicados	32

SANTOS, Fabiana do Nascimento. **Produção de feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L) WALP.) e recuperação da fertilidade de um Luvissole via fertilização e inoculação com rizóbio**. Patos: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2010. 46f. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrosilvipastoris no Semiárido).

RESUMO

Os solos do semiárido estão passando por um sério processo de degradação e várias são as práticas utilizadas para ajudar na recuperação e sustentabilidade destes, através do fornecimento de nitrogênio. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e a recuperação da fertilidade de um solo no semiárido brasileiro através do fornecimento de fontes de nitrogênio. O experimento foi desenvolvido em condições de campo no Núcleo de Pesquisas do Semiárido pertencente ao CSTR/UFCG - Campus de Patos – PB. Os tratamentos utilizados foram: Testemunha, isenta de adubação e inoculação (T₀); adubação com NPK 120 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P e 50 kg ha⁻¹ de K, utilizando como fontes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente (T₁); o equivalente a 5 t.ha⁻¹ de esterco bovino + 60 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K (T₂); inoculação com a estirpe de rizóbio (BR 3267) + 60 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K (T₃); 60 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K (T₄). Aos 45 dias após a emergência foi efetuada a coleta para avaliação do número, massa nodular e tamanho médio dos nódulos, produção de matéria seca acumulada na planta e N total acumulado na parte aérea por planta. A presença de nódulos durante a fase inicial do experimento foi bastante expressiva especialmente em T₃ e T₄. O tratamento T₁ propiciou o maior aumento de nitrogênio total acumulado na parte aérea, e entre os demais tratamentos não houve diferença significativa. A eficiência relativa dos tratamentos para a produção de grãos em relação a testemunha foi 24% para o NPK(T₁) e os demais tratamentos influenciaram negativamente. Foi observado pH expressivamente mais baixo nos tratamentos com Esterco+PK e NPK quando comparados a testemunha. O teor de P no solo aumentou em todos os tratamentos utilizados, sendo mais expressivo nos tratamentos Inoculado+PK, PK e Esterco+PK. Houve aumento da SB, da CTC e da V no solo (0-20cm) em todos os tratamentos após a colheita do experimento. Em termos imediatos, só o uso de NPK contribuiu para o aumento no teor de N na parte aérea da planta e na produção do feijão macaçar. As fontes de adubo utilizadas contribuíram para a recuperação da fertilidade do solo.

Palavras - chave: fixação de nitrogênio, produção, fertilidade

SANTOS, Fabiana do Nascimento. **Production of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) And recovery of fertility of Luvisol through fertilization and rhizobia inoculation.** Patos, PB: UFCG, 2010. 46f. (Dissertation – Animal Science M.Sc. Program - Agrosilvipastoral Systems in the Semiarid).

ABSTRACT

The soils of the semiarid are suffering a severe degradation process and various techniques are used in the recovery of degraded soils to prop up themselves by providing nitrogen. The objective of this study was to evaluate the responses of different nitrogen sources on the production and recovery of degraded soil in semiarid through the cultivation of cowpea. The experiment was conducted in Experimental farm of Campina Grande Federal University. The chemical composition of the soil was determined before the started experiment. The treatments were: Control group non containing fertilizer and inoculation (T0), NPK fertilizer 120 kg N/ ha, 60 kg P/ ha and 50 kg K/ ha, sources such as urea, simple super phosphate and potassium chloride, respectively (T1), the equivalent to 5 t/ ha of cattle manure + 60 kg P/ha + 50 kg K/ha (T2), inoculation of Rhizobium strain (BR 3267) + 60 kg P/ha + 50 kg K/ha (T3), 60 kg P/ha + 50 kg K/ ha (T4). At 45 days, after emergence, a collection was conducted to evaluate the number, nodule mass and average size of nodules, production of dry matter accumulated in the plant and a total N accumulated in shoots per plant. The presence of nodules during the initial phase of the experiment was significant especially in T3 and T4. Treatment 1 provided the greatest increase in total nitrogen accumulated in shoots, and the other treatments didn't differ. The relative efficiency of treatments for grain yield over control was 24% for NPK (T1) and the other treatments affected negatively. We observed significantly lower pH in the treatments with manure + PK and NPK as compared to control. The P content in soil increased in all treatments, being more expressive in treatments Inoculated + PK, PK and manure + PK. There were increases in SB, CEC and V in soil (0-20cm) in all treatments after harvest of the experiment. In immediate terms, only the use of NPK contributed to the increase in N content in shoots of the plant and production of beans monkeys. The sources of fertilizer use contributed to the recovery of soil fertility.

Keywords: fertility, nitrogen fixation, production

1. INTRODUÇÃO

Os solos do semiárido brasileiro em geral são rasos, pobres em matéria orgânica e por serem manejados de forma inadequada estão em muitos casos degradados, chegando até ao processo de desertificação. Nogueira (2006) define este processo como a degradação ambiental e social que ocorre nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas por ação antrópica.

Várias são as práticas utilizadas para ajudar na recuperação de solos degradados e sustentabilidade do mesmo, através do fornecimento de nitrogênio (N), como: adubação mineral criteriosa, adubação orgânica, cultivo de Fabaceae capazes de fixar nitrogênio do ar atmosférico, inoculação de bactérias do gênero *Rhizobium*; tudo isso está baseado na teoria da agroecologia que segundo Altieri (1989), trata não somente de produção, mas também da sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção. Dentre as práticas citadas anteriormente, destaca-se o cultivo de plantas da família Fabaceae.

De um modo geral, as plantas podem recuperar solos degradados pela ação de suas raízes e deposição de matéria orgânica, sendo que algumas espécies são bem mais eficientes do que outras, como é o caso das plantas da família Fabaceae. Muitas dessas plantas possuem a capacidade de fixar o nitrogênio do ar em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, e como resultado disponibiliza esse nutriente para as plantas. A fixação biológica de nitrogênio é considerada uma prática ecológica que ajuda na recuperação de solos degradados, uma vez que as plantas podem contribuir para a reciclagem de nutrientes de modo efetivo (FRANCO e CAMPELO, 2005).

As plantas da família Fabaceae (APG II, 2003) exercem vários papéis importantes, pois além de melhorarem a qualidade física, química e biológica do solo, podem ser utilizadas na alimentação humana e/ou animal. Como exemplo pode-se citar o feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) bastante cultivado na região semiárida, tanto pela questão cultural da região, como por se desenvolver bem nas condições adversas.

Observa-se, no entanto, que a prática de adubação mineral é bem mais utilizada na recuperação de áreas degradadas do que o cultivo de Fabaceae, devido ao fato da adubação nitrogenada fornecer mais rapidamente o N para as plantas. O uso de fabáceas pode ser melhorada quando associada a outras práticas de fornecimento de N para o solo e conseqüentemente para as plantas. Por esses motivos, um estudo da contribuição do cultivo das fabáceas com o uso de fontes de N em solos em recuperação é importante para potencializar o seu uso.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e a recuperação da fertilidade de um solo no semiárido brasileiro através do fornecimento de fontes de nitrogênio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo de feijão macaçar

O feijão macaçar é a mais importante Fabaceae de grãos do semiárido brasileiro, e exerce a função de suprir parte das necessidades protéicas das populações mais carentes da região (TEIXEIRA et al. (1988), apud SANTOS et al., 2000).

Originário da África acredita-se que, tenha sido introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses. No Brasil, provavelmente foi introduzido na Bahia, sendo levado posteriormente para outras áreas da região Nordeste, e para as demais regiões do país (FREIRE FILHO, 1988).

Denominado feijão macaçar, feijão-de-corda ou feijão-fradinho, é uma cultura de importante destaque na economia nordestina e de amplo significado social, constituindo o principal alimento protéico e energético do homem rural. É possuidor, também, de uma grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem uma alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (SILVA, 2007). Sua produtividade média em sistema de sequeiro é de 500 a 700 kg ha⁻¹, em sistema irrigado produz de 1000 a 1300 kg ha⁻¹ (BNB, 2006).

De acordo com SANTOS et al. (2000), em Petrolina – PE, a produtividade do feijão macaçar, cultivado no sistema de sequeiro e utilizando sementes de genótipos locais selecionados pelos próprios agricultores, é de 300kg de grãos por hectare. Essa baixa produtividade, de acordo com Oliveira et al. (2003), está relacionada com o emprego de sementes de inferior qualidade agrônômica.

É uma cultura que apresenta capacidade de se desenvolver satisfatoriamente em solos de pouca fertilidade devido à sua rusticidade, sendo considerada uma opção viável como fonte de matéria orgânica a ser utilizada como adubo verde na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade, ou esgotados pelo seu uso intensivo, muito comum no Nordeste Brasileiro (SILVA, 2007), uma vez que o seu cultivo aumenta a CTC do solo (TESTA et al., 1992).

2.2 Solos do semiárido

A região semiárida é caracterizada pela vegetação de caatinga, com clima semiárido muito quente, pluviometria escassa, chuvas distribuídas irregularmente, diversas classes de

solos, predominando os solos jovens (Solos Litólicos), mas podem ocorrer solos evoluídos (Latosolos) (JACOMINE, 1996).

A utilização da caatinga se fundamenta em atividades meramente extrativistas causando sérios danos aos recursos naturais, acelerando os processos de erosão e o declínio da fertilidade do solo, estando a desertificação presente em aproximadamente 15% da área do bioma caatinga (ARAÚJO FILHO e CARVALHO, 1996)

O cultivo agrícola e a retirada dos produtos após a colheita, sem adoção de métodos que visem à reposição de nutrientes, podem causar prejuízos às propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos o que no caso é chamado de processo de degradação do solo (AS-PTA, 2000). Essa degradação se dá principalmente pela remoção da floresta ou da vegetação natural, a monocultura, o superpastejo e o uso do fogo, iniciando dessa forma o processo de perda de matéria orgânica, em seguida prejuízo na estrutura do solo e a formação de voçorocas (FRANCO e CAMPELLO, 2005).

O solo degradado pode passar por um processo de recuperação, que é uma atividade multidisciplinar envolvendo não só os atributos do solo, mas também o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes antes da atividade degradadora. Essa prática está aliada à agroecologia, que tem como base a manutenção da fertilidade do solo, preservação e ampliação da biodiversidade dos agroecossistemas, objetivando garantir sua produtividade para as gerações futuras (NÓBREGA e NÓBREGA, 2003).

Em programas de recuperação de áreas degradadas já têm sido utilizadas as culturas forrageiras das famílias Gramíneae e Fabaceae, em função de suas características recuperadoras do solo (FAVARETTO et al, 2000). Segundo Fageria et al. (1991), os sistemas forrageiros, além de fornecer alimentos aos animais, contribuem na renovação da matéria orgânica, previnem a erosão, melhoram a cobertura e restauram a fertilidade do solo.

O foco principal na recuperação de áreas degradadas é o aumento do teor de N no solo, pois esse nutriente é requerido em maior quantidade pelas plantas e, excetuando as fabáceas é o mais freqüentemente suprido em quantidades insatisfatórias (REICHARDT et al., 1979; EPSTEIN e BLOOM, 2006). Além disto, o N orgânico do solo é liberado de forma muito lenta, enquanto a taxa de demanda das culturas requer maior quantidade deste nutriente disponível no início do crescimento (STAMFORD, 1973). Com isso, a utilização de outras fontes de suprimento de N, além do solo, faz-se necessária (AMADO et al., 2000).

Para que o aproveitamento dessas fontes de N ocorra de forma satisfatória deve-se ser levado em consideração as características do solo, pois em alguns casos plantas fixadoras de N₂ podem diminuir o pH do solo (BINKLEY e GIARDINA, 1997; CAMPOS, 2004;

PRIMAVESI et al., 2005; COSTA, 2008), assim como o uso de adubos minerais (MALAVOLTA, 2006), enquanto que o uso de adubos orgânicos podem aumentar o pH do solo (SOUZA et al., 2006; GALVÃO et al., 2008).

As principais fontes fornecedoras do N necessário ao crescimento das plantas são o nitrogênio do solo, proveniente da decomposição da matéria orgânica e das rochas, o fornecido por fertilizantes, e aquele decorrente do processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (HUNGRIA et al., 1994).

2.3 Fontes de N para os solos

2.3.1 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

Dentre as fontes fornecedoras de N, se destaca a fixação biológica de nitrogênio. O gás nitrogênio, abundante no ar atmosférico, não pode ser diretamente utilizado pelos vegetais superiores e precisa estar sob forma combinada para satisfazer as necessidades nutricionais das plantas (BRADY, 1979). A FBN é um processo bioquímico que consome bastante energia para romper as ligações triplas, as quais conferem grande estabilidade à molécula de nitrogênio, e sob o ponto de vista econômico, proporciona considerável economia no plantio das fabáceas (FREIRE, 1992; NEVES e RUMJANEK, 1992).

Para que a FBN ocorra de maneira satisfatória é necessária a presença no solo das bactérias produtoras de nódulos pertencentes a família Rizobiaceae, do gênero *Rhizobium* que sejam compatíveis com a espécie da Fabaceae, além da necessidade da existência da nitrogenase ativa, do suprimento de energia e geração de redutores (MALAVOLTA, 1982; FREIRE, 1992; NEVES e RUMJANEK, 1992).

Segundo Nóbrega e Nóbrega (2003), os rizóbios são bactérias capazes de penetrar e formar uma estrutura denominada nódulo nas raízes ou caules de algumas espécies de plantas Fabaceae. O nódulo é o local onde ocorre o processo de fixação de nitrogênio atmosférico e a troca de nutrientes entre a planta e a bactéria, podendo atingir um número muito grande por planta, porém que nem sempre há garantias que esteja acontecendo uma fixação eficiente de N.

Em ambientes tropicais, a importância da FBN está relacionada com a baixa disponibilidade de nitrogênio nos solos, agravada pela lixiviação deste macronutriente (XAVIER et al., 2008). Segundo Gliessman (2009), é a principal fonte de adição de nitrogênio em muitos agroecossistemas tradicionais, e foi um dos únicos métodos usados para

incorporar nitrogênio em muitos sistemas de cultivo antes do desenvolvimento de fertilizantes nitrogenados.

Dentre os fatores que podem resultar em uma fixação insatisfatória, está o emprego de linhagens de bactérias inefetivas ou de fixação lenta (Primavesi, 1990) e para competir com essas bactérias, existe a técnica da inoculação com bactérias efetivas e eficientes, onde a bactéria introduzida deve apresentar características genéticas ou fisiológicas que permitam o seu favorecimento ou uma vantagem numérica (HUNGRIA et al., 1994).

No Brasil, o baixo custo do inoculante, e da mão obra de aplicação faz compensar largamente a aplicação do inoculante de forma maciça e não esperar que a inoculação natural do solo seja suficiente (FREIRE, 1992). Como uma alternativa sustentável, a inoculação tem considerar a quantidade de nitrogênio existente no solo, pois em algumas situações só há fixação de N quando há deficiência desse elemento, mas, no entanto é necessário que haja uma quantidade mínima de N combinado para o crescimento do rizóbio até o início da fixação (FRANCO e NEVES, 1992) e altos níveis de N disponível no solo reduzem a nodulação e a eficiência da FBN pelas estirpes de *Rhizobium* (URQUIAGA et al., 2005). Esse fato foi observado por Pelegrin et al. (2009), os quais constataram que, quando a dose de N aplicado em forma de uréia foi acima de 80 kg ha^{-1} , houve uma diminuição da nodulação em feijoeiro. A nodulação foi estimulada quando as doses de N eram inferiores a 80 Kg ha^{-1} . Xavier et al. (2008), avaliando a influência da inoculação e da adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade em feijão-macaçar no Piauí, observaram que a produtividade de grãos aumenta com o uso da inoculação, e que o efeito dessa prática é favorecida quando o feijão macaçar é adubado com no máximo $20 \text{ kg de N ha}^{-1}$.

Freitas e Sampaio (2008), avaliando a capacidade de fixação de nitrogênio em fabáceas arbóreas nativas da caatinga, observaram que nas caatingas estabelecidas a contribuição da FBN parece ser baixa, mas na vegetação em recuperação parece ser mais alta, podendo chegar a mais de 50 kg ha^{-1} .

De acordo com Nóbrega e Nóbrega (2003), a FBN é uma ferramenta importante para diminuir o impacto da agricultura nos agroecossistemas e pode ser utilizada em revegetação de áreas degradadas. É um dos principais componentes da sustentabilidade, pois o processo não polui e enriquece o solo com nitrogênio; é acessível ao pequeno produtor, uma vez que reduz a dependência de insumos nitrogenados, o custo da produção, o impacto ambiental da atividade agrícola e, ao mesmo tempo, auxilia na recuperação de áreas degradadas.

2.3.1.1 Simbiose rizóbio/fabácea

As correlações onde os vegetais dispõem de condições para utilizar certa quantidade de nitrogênio fixado pelos microrganismos são denominadas simbioses, onde esse organismo é um rizóbio que possui considerável número de gêneros, de acordo com a planta hospedeira (BRADY, 1979).

As espécies que fazem a simbiose com o rizóbio são as mais indicadas para aumentar o conteúdo de matéria orgânica de solos degradados de sistemas produtivos em condições de baixa fertilidade, acelerando o processo de sucessão vegetal (FRANCO e CAMPELO, 2005).

As fabáceas, segundo Dobereiner (1990), possuem o mecanismo simbiótico mais sofisticado e eficiente entre as associações de plantas superiores com bactérias fixadoras de N e as fabáceas produtoras de grão e forrageiras têm papel importante na agricultura tropical.

A associação rizóbio/fabácea é responsável pela fixação de pelo menos 35 milhões de toneladas de nitrogênio anualmente. Em relação à produção de alimentos no mundo, essas plantas constituem cerca de 9% em matéria seca, porém representam 24% do total de proteínas, além de fornecerem diversas matérias-primas (FREIRE, 1992).

São vários os estudos da interação rizóbio-fabáceae, entre eles a procura de genótipos tolerantes aos diferentes estresses ambientais presentes nas regiões tropicais, visando ao manejo mais eficiente dessa interação (SANTOS, 1987; STRALIOTTO, 2005). A simbiose das fabáceas com o rizóbio é, entretanto, a mais estudada. Nesta simbiose, segundo Ledgard e Steele (1992) e Moreira e Siqueira (2006), a quantidade de N fixado pelas fabáceas depende das espécies, das condições climáticas e de solo.

Freitas e Samapio (2008), avaliando a capacidade de fixação de nitrogênio em fabáceas arbóreas nativas da caatinga, observaram que das 32 espécies testadas, 20 apresentaram a capacidade de formar nódulos em simbiose com os rizóbios nativos dos solos do semiárido da Paraíba e Pernambuco, apesar de espécies nativas de bactérias produzirem nódulos radiculares menores (Santos et al., 2005).

Segundo Nóbrega e Nóbrega (2003) em solos pobres com baixo teor de matéria orgânica como pastagens degradadas, solos erodidos e áreas degradadas pela mineração, a FBN é muito importante, pois o nitrogênio é considerado um fator limitante.

Nos sistemas simbióticos, o processo de fixação do nitrogênio é o resultado de uma complexa interação envolvendo o hospedeiro, os microrganismos diazotróficos e o ambiente, e depende de uma série de eventos envolvendo o macro e o microsimbionte que devem estar perfeitamente sincronizados (FRANCO e NEVES, 1992).

Em fabáceas como o feijão macaçar e a soja, o processo de FBN promove melhor distribuição do nitrogênio na parte aérea das plantas, favorecendo a produção. Deste modo, o maior custo do processo biológico é contrabalançado por um melhor aproveitamento do nitrogênio fixado (NEVES e RUMJANEK, 1992).

Segundo Franco e Neves (1992), o funcionamento da simbiose fabácea-rizóbio é, entretanto, mais sensível a extremo de temperatura do que a planta adubada com N mineral ou a bactéria crescendo em meio de culturas. Para as fabáceas tropicais temperaturas diurnas de 25 a 32°C são ótimas para a nodulação, funcionamento da simbiose e crescimento das plantas, mas existe grande variação entre as espécies.

Silva et al (2007) caracterizando morfologicamente isolados de rizóbios de um solo no semiárido pernambucano e utilizando sementes de feijão macaçar para a interação, verificaram que todos os isolados encontrados suportaram à temperatura de 37°C, mas apenas três isolados suportaram a temperatura máxima de 39°C.

De acordo com Franco (1996), além da identificação de espécies, é necessário selecionar para cada fabácea, estirpes de rizóbio com as melhores características de eficiência, competitividade, sobrevivência saprofítica, estabilidade genética, tolerância a estresses de altas temperaturas, acidez do solo e aos baixos níveis nutricionais encontrados em muitos solos tropicais, com isso podendo dispensar total ou parcialmente a adubação nitrogenada (Mendes et al., 1994; Ferreira et al., 2000).

2.3.2 Adubação mineral

A adubação mineral é uma prática que visa a reposição de nutrientes no solo através da aplicação de produtos industrializados contendo macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Dentre esses elementos o mais requerido é o N, uma vez que esse elemento exerce muita influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. Sob condições de deficiência de N, as folhas costumam ser pequenas e amarelam antes do tempo, os talos podem ser finos e pode ocorrer um atraso na formação e desenvolvimento dos órgãos reprodutivos (RYLE et al, 1979; TAIZ e ZIEGER, 2004; PINHEIRO e BARRETO, 2005).

Apesar dessa prática, favorecer o aporte de nutrientes às plantas de forma rápida, pode afetar de forma positiva ou negativa a FBN. Um exemplo é que os altos requerimentos de fósforo são necessários para a FBN, de forma que o aumento do suprimento de fósforo promove incremento na atividade e no acúmulo de massa seca do nódulo (ISRAEL, 1987). Porém, deve-se levar em consideração a quantidade de P existente no solo, uma vez que nível

igual ou superior a 10g dm^{-3} para P, não proporciona resposta da cultura a aplicação deste elemento de acordo com Freire Filho (2005).

Na adubação nitrogenada são vários os estudos que comprovam a inibição da FBN por doses elevadas de N aplicadas na forma mineral (Silva et al., 2009; Nascimento et al., 2008; Hungria et al., 2000), sendo que doses recomendadas estão entre 20 e 30 kg ha^{-1} de N aplicados durante a semeadura, também chamadas de doses de “arranque” (TSAI et al., 1993; ARAÚJO e CARVALHO, 2006).

Além da prática de adubação mineral poder afetar negativamente o desenvolvimento das culturas (Teixeira et al., 2006), deve-se destacar o fato desta ser bastante dispendiosa para os agricultores que muitas vezes realizam-na sem levar em consideração as características químicas, físicas e biológicas do solo (MENEZES e SAMPAIO, 2002), como é o caso da adubação potássica que muitas vezes não aumenta o teor de K no solo devido essas características (KAMINSKI, et al., 2007).

Santos et al. (2000), observou efeito negativo no tamanho dos nódulos em feijoeiro na presença de adubação mineral, mas Silva et al. (2008b) não observou esse efeito em feijão macaçar. Assim como na presença de adubação nitrogenada Zilli et al. (2008), não observaram efeito negativo para a massa seca da parte aérea da soja; Xavier et al. (2005) em alfafa e Gualter et al. (2008) em feijão macaçar para a massa seca da raiz e Thies et al. (1005) na eficiência relativa do acúmulo de massa seca da parte aérea da soja.

Araújo et al. (2001), avaliando os efeitos da adubação de N e P na formação de mudas de leucena inoculada com *Rhizobium sp.* e FMA, observaram que a adubação nitrogenada (20 kg/ha de N) prejudicou a bactéria na fixação de nitrogênio, constatando que o fornecimento de N mineral para a planta desfavoreceu a simbiose e resultou em menor altura de plantas.

2.3.3 Esterco bovino

O esterco é o adubo orgânico mais utilizado pelos produtores rurais, sendo uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nitrogênio e fósforo nos solos da região semiárida. No entanto, devido à reduzida disponibilidade de esterco nas propriedades, geralmente os agricultores necessitam comprar esterco de regiões circunvizinhas, o que eleva os custos de produção (MENEZES e SAMPAIO, 2002; GALVÃO et al., 2008).

O uso crescente do esterco bovino se deu a partir do aumento dos custos da adubação mineral, e quando os agricultores passaram a ter uma nova visão sobre a adubação orgânica, dando importância à utilização de esterco, como agente modificador das condições físicas e

químicas do solo (CAMARGO et al., 1999; FRANCHINI et al., 2001; SOUTO, 2002; SILVA et al., 2008a).

Os teores de N, P, e K nos esterco está diretamente relacionado com a alimentação e idade dos animais, e com parâmetros fisiológicos. Quanto mais excedente de nutrientes for a alimentação, em relação às exigências nutricionais dos animais, melhor a qualidade dos esterco (HARRIS, 1998).

A sua contribuição na FBN está associada ao aumento no desenvolvimento e na formação dos nódulos de forma marcante (GOMES, 1998); melhorando a produtividade das plantas. Oliveira et al (2001) estudando o efeito de diferentes doses de esterco bovino, na presença e na ausência de adubo mineral, sobre o rendimento do feijão macaçar, observou que o rendimento máximo estimado de vagens (9,64 t ha⁻¹) foi obtido com 25 t ha⁻¹ de esterco bovino na presença do adubo mineral, enquanto que na ausência de adubo mineral o rendimento de vagens aumentou com a elevação das doses de esterco bovino, na ordem de 49,3 kg ha⁻¹ para cada tonelada de esterco bovino adicionado ao solo.

Favaretto et al. (2000), avaliando os efeitos de adubações e de espécies forrageiras na fertilidade do solo e nas características da palhada em área degradada, observaram que o teor de N total do solo é maior no tratamento com adubação orgânica, evidenciando efeito da quantidade de N sobre o solo se comparado à adubação mineral nitrogenada.

A quantidade de esterco a ser aplicado no solo depende do tipo, textura, estrutura e teor de matéria orgânica no solo (TRANI et al.,1997), sendo que quando utilizado por vários anos consecutivos proporciona acúmulo de nitrogênio orgânico no solo, aumentando seu potencial de mineralização e sua disponibilidade para as plantas (SCHERER, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em condições de campo no Núcleo de Pesquisas do Semiárido (NUPEARIDO) pertencente ao CSTR/UFCG - Campus de Patos – PB, localizado a seis quilômetros a sudoeste do Município de Patos, nas coordenadas geográficas 07°05'10" sul e 37°15'43" oeste.

A área experimental por mais de 20 anos foi submetida a superpastejo contínuo de caprinos e ovinos, não apresentando regeneração de espécies arbóreas, predominando apenas

a malva branca (*Sida cordifolia* L.) (SALES, 2008). Atualmente, a área passa por processo de revegetação com espécies arbóreas nativas com cerca de dois anos de implantação. As espécies estabelecidas na área são faveleira com e sem espinhos (*Cnidoscolus phyllacanthus* (MART.) Pax et K. Hoffm), no espaçamento de 2,0 m x 2,0 m. O solo predominante é um Luvisolo Crômico Órtico típico, de acordo com a classificação da Embrapa (2006).

O experimento com feijão macaçar foi distribuído nas ruas entre as espécies arbóreas faveleiras e ocupou uma área útil de 60 m². Foi realizada a caracterização química do solo antes e após a instalação do experimento. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural/UFCG – Campus de Patos – PB.

3.2 Semeadura e inoculação

O inoculante foi produzido com a estirpe de rizóbio BR 3267, cedida pelo Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, recomendada para o feijão macaçar (RUMJANEK et al., 2006). A multiplicação do inóculo foi efetuada em meio de cultura YMA (Meio 79) líquido (HUNGRIA et al., 1994) em estufa bacteriológica (30° C) durante cinco dias, no Laboratório de Microbiologia do CSTR/UFCG – Campus de Patos.

Após a multiplicação do rizóbio o inoculante foi preparado com cultura contendo 10⁹ ufc de células bacterianas. Utilizou-se como veículo turfa esterilizada misturada a cultura bacteriana na proporção de 1:2 v/v. Para melhor adesão do inoculante às sementes utilizou-se como adesivo goma arábica diluída em água (1:5 v/v) na semeadura.

Antes da semeadura as sementes foram desinfestadas em álcool 70% e posteriormente com cloreto de mercúrio (HgCl₂ 1:1000) por cinco minutos, logo após foram lavadas com água destilada, depois inoculadas (1 kg de sementes em 200 g de inoculante) e secas à sombra.

A semeadura foi realizada em 27 de fevereiro/2009 (início das chuvas na região) no espaçamento de 0,25 x 0,50 m, utilizando-se três sementes por cova. Após dez dias da semeadura foi realizado um desbaste, deixando-se uma planta por cova.

As sementes de feijão macaçar, variedade Sempre Verde, foram adquiridas do banco de sementes de um agricultor agroecológico do Município de Remígio, localizado na região do Curimataú no Estado da Paraíba.

3.3 Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos utilizados foram: T₀ (Testemunha isenta de adubação e inoculação); T₁ (NPK nas proporções 120 kg.ha⁻¹ de N, 60 kg.ha⁻¹ de P e 50 kg.ha⁻¹ de K, utilizando como fontes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente); T₂ (5 t.ha⁻¹ de esterco bovino + 60 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K); T₃ (inoculação com a estirpe de rizóbio (BR 3267) + 60 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K); T₄ (60 kg ha⁻¹ de P + 50 kg ha⁻¹ de K). A aplicação dos tratamentos foi realizada em cobertura nas fileiras após oito dias do plantio, em sulcos de seis centímetros de profundidade

3.4 Coleta de dados

A coleta dos dados foi efetuada aos 45 dias após a emergência (DAE). Foram retiradas aleatoriamente doze plantas de cada tratamento.

Para obtenção da matéria seca da parte aérea e raízes, as plantas amostradas de cada tratamento foram lavadas em água corrente, seccionadas, acondicionadas em sacos de papel e postas à secagem em estufa a 65 °C durante 48 horas. Após a secagem do material foi efetuada a pesagem obtendo-se suas massas.

Para obtenção do número de nódulos produzidos por planta, as raízes foram lavadas em água corrente sobre peneira e os nódulos foram destacados sendo então contados. Em seguida esses nódulos foram acondicionados em recipientes de vidro fechados com lã de algodão e secos a temperatura de 65 °C durante 48 horas. Após a secagem do material foi efetuada a pesagem obtendo-se suas massas.

O teor de N na parte aérea da planta foi obtido através da massa seca da parte aérea moída em moinho tipo Willey, após digestão sulfúrica pelo método Kjeldahl, descrito por Malavolta (1997), no Laboratório de Análise de Planta do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro e Ciências Agrárias/UFPB – Campus II, Areia – PB. Com base nos teores de N encontrados (g kg⁻¹) determinou-se o N total acumulado (mg planta⁻¹).

A eficiência relativa dos tratamentos foi determinada utilizando-se a relação entre a produção de matéria seca, N total acumulado na parte aérea e produção das plantas dos tratamentos aplicados comparadas com as plantas do tratamento testemunha, em percentual.

3.5 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em Blocos Casualizados (DBC), e constou de três blocos e cinco tratamentos, totalizando 60 m² divididos em 15 parcelas quadradas de 4 m².

3.6 Análise estatística

Foi efetuada a análise da variância e teste de Tukey para a comparação das médias a 5% de probabilidade, utilizando-se do programa estatístico ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2006). Os dados referentes ao número de nódulos/planta (N) foram transformados $[(n+0,5)^{1/2}]$ para satisfazer a condição de homodasticidade. A eficiência relativa de cada tratamento, em termos de matéria seca da parte aérea, nitrogênio total acumulado e produção de grãos, foi expressa em porcentagem do valor obtido para o tratamento testemunha (T₀). Foi realizada análise de regressão para o teor de N total em função da massa média de nódulos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Número de nódulos

A presença de nódulos durante a fase inicial do experimento foi bastante expressiva, quarenta e cinco DAE. Verificou-se que o tratamento Inoculação da estirpe de rizóbio (BR 3267) +PK e o tratamento Esterco bovino+PK apresentaram efeito positivo e diferença significativa em relação aos tratamentos com PK e NPK, mas não diferiu da Testemunha sem inoculação e sem adubação (Figura 1).

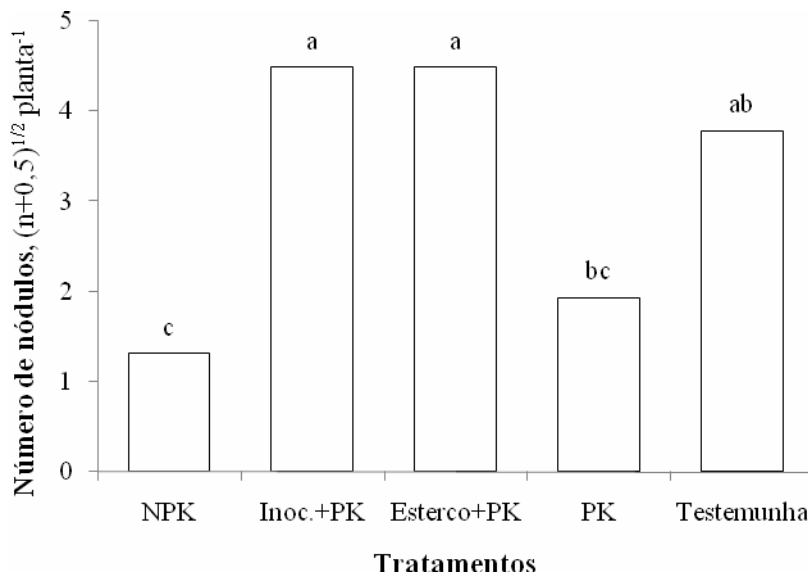


Figura 1. Número de nódulos $(n+0,5)^{1/2}$ na raiz de macaçar em função dos tratamentos aplicados. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Este resultado demonstra: 1) a eficiência da estirpe BR 3267 em infestar as raízes do feijão macaçar; 2) a capacidade do tratamento com Esterco bovino+PK em nodular essa cultura, uma vez que a quantidade de N contida no esterco não inibiu o processo de nodulação nessa área experimental; 3) a presença de estirpes nativas nesse solo em processo de recuperação sendo explicada pela obtenção de nodulação no tratamento Testemunha; 4) a dose de N (120 kg ha^{-1}) influenciou negativamente na nodulação, indicando que doses elevadas de N inibem a nodulação (URQUIAGA et al., 2005; PELEGRIN et al., 2009). É

recomendado o uso de pequenas doses de N (20 a 30 kg N ha⁻¹) aplicados durante a semeadura, também chamadas doses de “arranque”, que tem por finalidade disponibilizar N às plantas até o início da nodulação (TSAI et al., 1993; ARAÚJO e CARVALHO, 2006).

A diferença significativa entre o tratamento NPK e os tratamentos Inoculação+PK e Esterco+PK indica que o cultivo do feijão macaçar em um solo em processo de recuperação, pode beneficiá-lo através da inoculação, chegando a dispensar total ou parcialmente o uso de adubos nitrogenados, concordando com Mendes et al. (1994) e Ferreira et al. (2000) ao trabalharem com feijoeiro.

Silva et al. (2009) obtiveram resultado semelhante ao deste trabalho ao avaliarem a inoculação com estirpes de *R. tropici* em feijoeiro observaram que a adubação nitrogenada reduziu linearmente a nodulação. Nascimento et al. (2008), ao estudarem a inoculação com *Bradyrhizobium* sp. em macaçar, também observaram que o menor número de nódulos foi obtido pelo tratamento adubado com N mineral (50 kg ha⁻¹). Hungria et al. (2000) relataram que a nodulação das raízes supre as necessidades das plantas, devendo-se evitar a adubação nitrogenada, pois inibe a formação dos nódulos e a fixação biológica de nitrogênio.

4.2 Massa seca total dos nódulos

A massa seca dos nódulos não diferiu entre os tratamentos (Figura 2). Estes resultados corroboram os de Silva et al. (2008), ao avaliarem a inoculação com estirpes recomendadas e a adubação nitrogenada na produção de feijão macaçar no semiárido paraibano.

Santos et al. (2000), ao estudarem os efeitos da inoculação em feijoeiro, observaram que a massa seca decresceu linearmente à medida que houve aumento da adubação nitrogenada. Nascimento et al. (2008), estudando o efeito da adubação nitrogenada e a cobertura vegetal no processo de inoculação em feijão macaçar, observaram que os maiores valores de matéria seca de nódulos foram obtidos no tratamento testemunha, seguido pelos tratamentos inoculados, ao passo que as menores produções de matéria seca de nódulos foram obtidas em plantas fertilizadas com N mineral (50 kg ha⁻¹).

No presente estudo é provável que o no período de coleta dos nódulos (45 dias) os tratamentos aplicados não tinham expressado o seu total potencial, influenciando este parâmetro a campo.

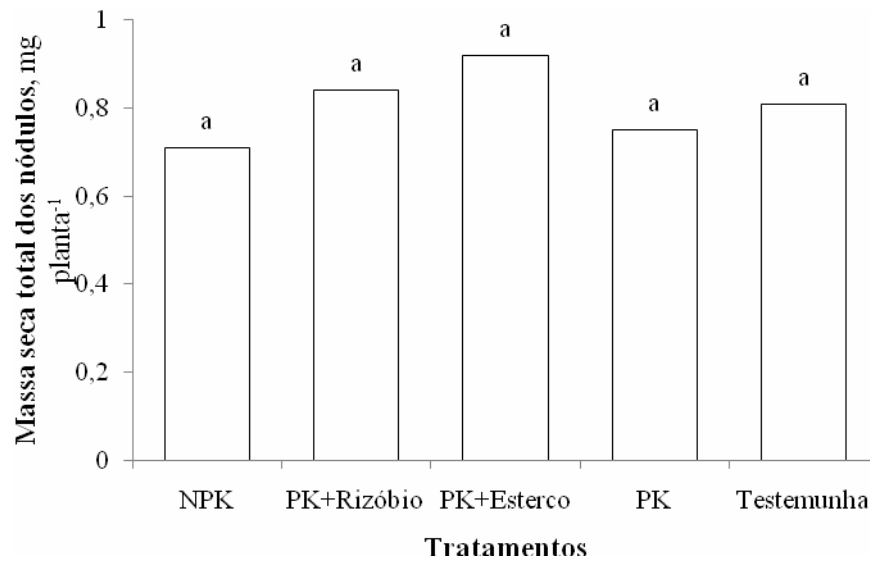


Figura 2. Massa seca total dos nódulos (mg planta⁻¹) em função dos tratamentos aplicados. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Massa seca média dos nódulos

Na Figura 3 observa-se que houve diferença na massa seca média dos nódulos, sendo o tratamento NPK o que apresentou a maior média, indicando desta forma que provavelmente existe uma relação entre o número (Figura 1) e a massa média dos nódulos, pois quanto maior o número de nódulos menor a massa média destes nódulos.

O fato do tratamento Inoculação+PK ter apresentado a menor média (nódulos de menor tamanho), pode ocorrer pelo fato do feijão macaçar ser considerada uma planta de nodulação não específica. Pois, o solo da área experimental apresentou bactérias nativas.

Santos et al. (2005), observaram em amendoim que espécies nativas de bactérias tendem a produzir nódulos radiculares menores.

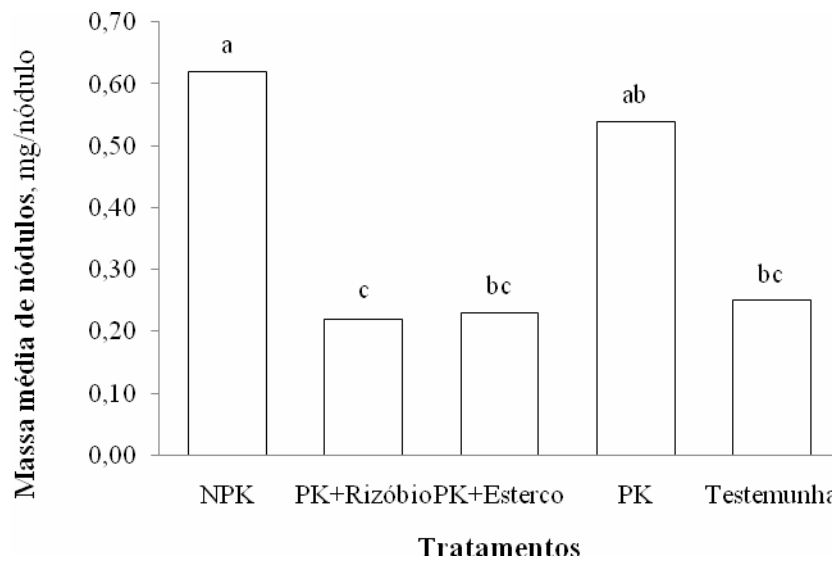


Figura 3. Massa seca média de nódulos (mg/nódulo) em função dos tratamentos aplicados. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

Houve diferença entre os tratamentos na produção matéria seca da parte aérea, onde o tratamento NPK foi superior aos demais (Figura 4).

É provável que as plantas adubadas com NPK tenham sido favorecidas pela pronta disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio (GOMES, 1984). Pois é o nitrogênio o nutriente mais relacionado à produção de biomassa vegetal (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Os tratamentos onde não houve fornecimento deste nutriente na forma mineral, não diferiram entre si. É possível que a mais lenta liberação do N nestes tenha prejudicado o crescimento das plantas.

Esse resultado não corrobora os relatos de Araújo et al (2001) e Teixeira et al (2006), mas concorda com Zilli et al. (2008), que estudando a inoculação em soja por pulverização em cobertura, não observaram diferença significativa entre a quantidade de matéria seca referente ao tratamento com inoculação e sem inoculação.

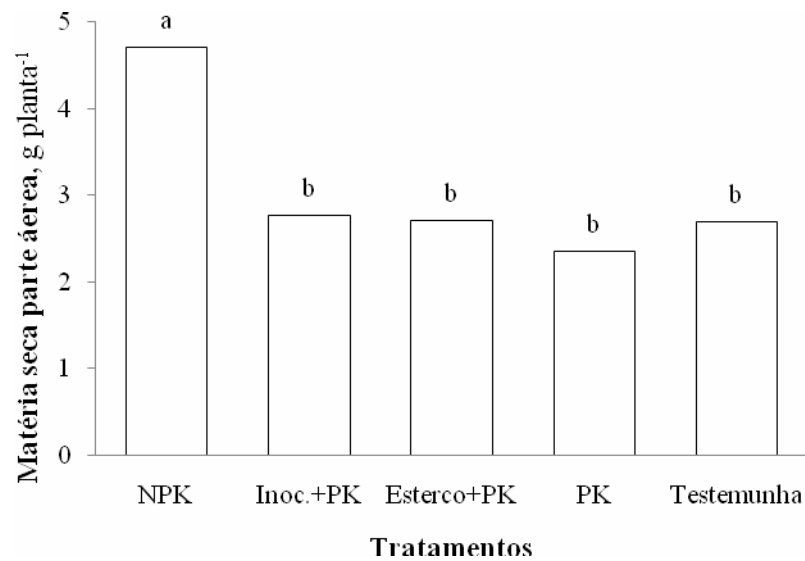


Figura 4. Matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹) em função dos tratamentos aplicados. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.5 Massa seca da raiz (MSR)

A produção de matéria seca de raiz do feijão macaçar não diferiu entre os tratamentos (Figura 5). Isto indica que os tratamentos não influenciaram o crescimento radicular da planta.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gualter et al. (2008), ao observarem o comportamento da massa seca da raiz em feijão macaçar submetido à adubação nitrogenada e inoculação e Xavier et al. (2005), ao estudarem o efeito de dois inoculantes em alfafa.

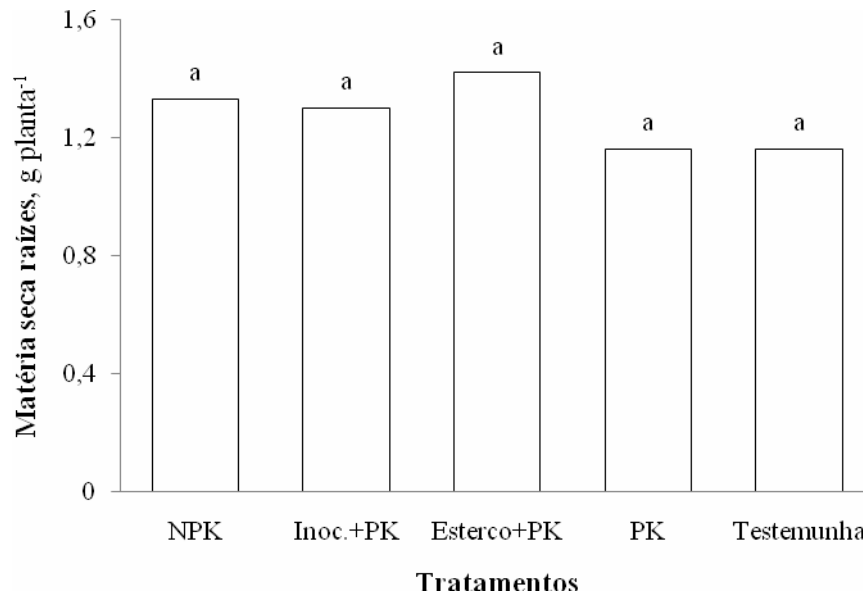


Figura 5. Matéria seca das raízes (g planta⁻¹) em função dos tratamentos aplicados. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6 Nitrogênio total acumulado na parte aérea (NTAPA)

Observa-se que houve diferença entre os tratamentos para o nitrogênio total acumulado na parte aérea, sendo o tratamento NPK superior aos demais (Figura 6). Esse resultado indica que as plantas adubadas com uréia acumularam o N mais rapidamente do que com as demais fontes. Resultados similares são encontrados por Gomes, 1984 e Malavolta et al., 1997.

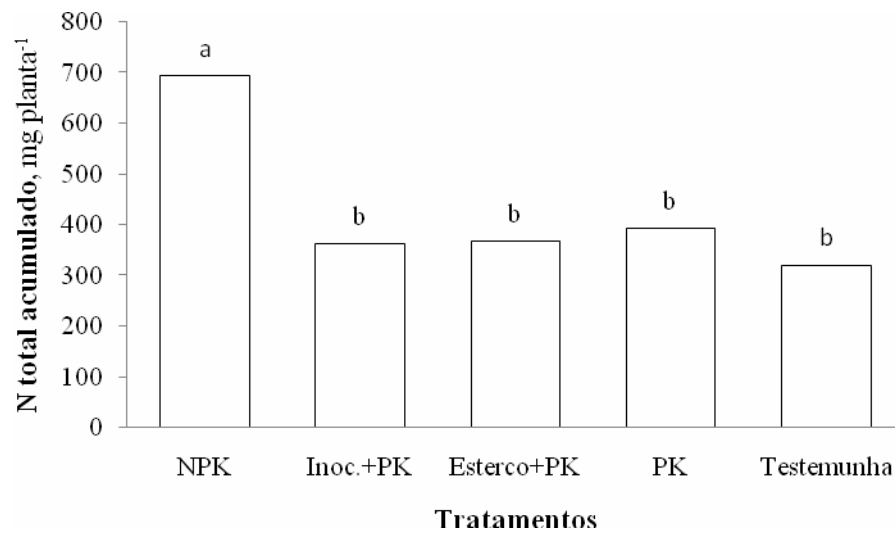


Figura 6. N total (mg planta⁻¹) acumulado na parte aérea das plantas de feijão macaçar em função dos tratamentos aplicados. Médias seguidas das mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O N total acumulado em função da massa média dos nódulos ajustou-se ao modelo linear ($r^2 = 0,63$) (Figura 7). Isto indica de forma geral, que há uma correlação positiva entre a massa nodular e o teor de N acumulado nas plantas da família Fabaceae. Resultado semelhante foi encontrado por Santos (1987), ao avaliar a produção do feijão macaçar submetido a estresse salino.

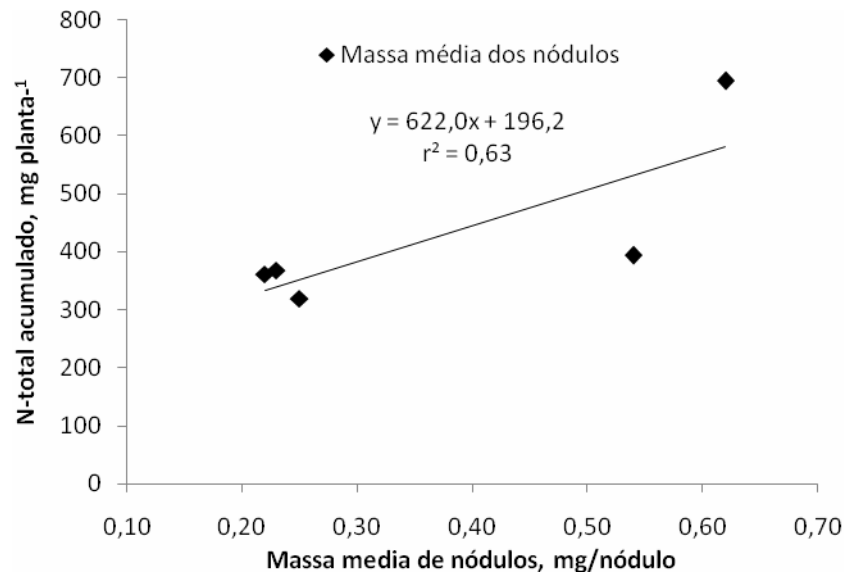


Figura 7. N-total acumulado na parte aérea da planta de feijão macaçar em função da massa média dos nódulos.

4.7 Eficiência relativa (Efr)

Na figura 8, são apresentados os resultados da Eficiência relativa (%) da matéria seca da parte aérea, do N total acumulado na parte aérea e da produção de grão em função dos tratamentos aplicados.

A eficiência relativa dos tratamentos para a matéria seca da parte aérea em relação a testemunha foi 75%, 3% e 1% para NPK, Inoculado+PK e Esterco+PK, respectivamente. Este resultado indica: 1) a eficiência da adubação nitrogenada mineral na fase de crescimento das plantas; 2) a absorção do nitrogênio necessário para o crescimento das plantas foi menor nos tratamentos Inoculado+PK, Esterco+PK e PK; 3) a adubação no tratamento PK pode ter influenciado negativamente na fase de crescimento das plantas.

Thies et al. (1995), ao estudarem a fenologia, o crescimento e produção de soja e feijão em função de formas de nutrição mineral obtiveram resultados divergentes ao do presente estudo, onde a eficiência para o acúmulo de massa seca foi de 29% no tratamento com suprimento de uréia em relação à testemunha.

A eficiência relativa dos tratamentos para o N-total acumulado na parte aérea em relação a testemunha foi 117%, 13%, 15% e 23% para NPK, Inoculado+PK, Esterco+PK e PK, respectivamente. Este resultado indica: 1) aumento do teor de nitrogênio nas plantas submetidas aos tratamentos estudados; 2) o nitrogênio fornecido na forma de uréia foi mais rapidamente acumulado.

A eficiência relativa dos tratamentos para a produção de grãos em relação a testemunha foi 24% para o NPK e os demais tratamentos influenciaram negativamente. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do N absorvido pelas plantas no tratamento NPK ter sido rapidamente utilizado para produção dos grãos do que os demais tratamentos.

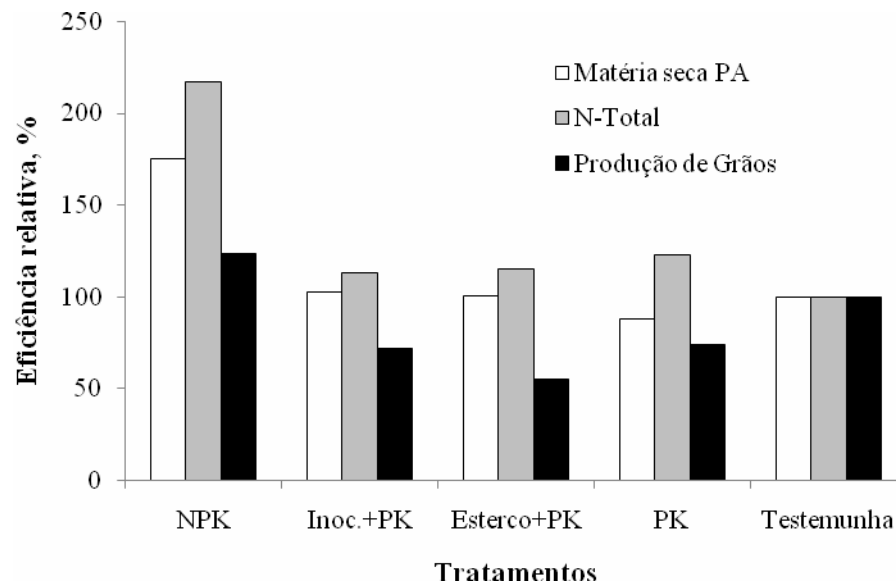


Figura 8. Eficiência relativa (%) da matéria seca da parte aérea, do N total acumulado na parte aérea e da produção de grão em função dos tratamentos aplicados.

4.8 Características químicas do solo

Na tabela 1, estão apresentadas as características químicas do solo antes do plantio e após a colheita do experimento.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental antes do plantio e após a colheita do experimento.

Trat.	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V
	CaCl ₂	0,01M	μg cm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³			%			
Solo antes do plantio										
	5,8	10,2	0,26	0,28	1,0	2,5	1,0	4,04	5,1	79,5
Solo após a colheita										
NPK	5,2	91,9	0,21	1,54	1,7	5,2	3,4	10,35	12,1	85,5
Inoc.+PK	5,5	194,9	0,29	1,80	1,5	4,8	3,2	10,09	11,6	87,0
Esterco+PK	5,2	113,7	0,22	1,57	1,3	4,0	2,8	8,59	9,9	86,8
PK	5,4	159,7	0,26	1,65	1,5	4,6	3,0	9,51	11,0	86,4
Testemunha	5,7	25,2	0,21	1,60	1,1	4,4	1,6	7,81	8,9	87,7

pH: acidez; P:fósforo disponível; K⁺:potássio; Na⁺:sódio; H+Al:acidez potencial; Ca⁺²:cálcio; Mg⁺²:magnésio trocável; SB:soma de bases; CTC:capacidade de troca catiônica; V:saturação por bases.

pH

O resultado do pH do solo antes do plantio e após a colheita do experimento, variou entre os tratamentos, sendo observado pH expressivamente mais baixo nos tratamentos com Esterco+PK e NPK quando comparados a testemunha.

A diminuição do pH na presença dos tratamentos deve-se provavelmente: 1) pelo fato dos tratamentos aplicados não terem exercido poder de alcalinizar o meio; 2) pelo poder acidificante promovido pela biodecomposição da matéria orgânica (CAMARGO et al., 1999; FRANCHINI et al., 2001); 3) pelo plantio do feijão macaçar, pois plantas que fixam N₂ em alguns casos diminuem o pH (BINKLEY e GIARDINA, 1997).

Os resultados deste trabalho não corroboraram com as observações de Souza et al (2006), que obtiveram o aumento do pH do solo com aplicação da adubação orgânica. E Galvão et al., (2008) em estudo semelhante com solos arenosos adubados com esterco bovino, onde observaram aumento significativo no pH nas áreas com esterco em relação as não adubadas.

Observações realizadas por Primavesi et al (2005) ao aplicarem uréia e nitrato de amônio em capim-coastcross e Campos (2004) o sulfato de amônio na cultura do milho, demonstram que a aplicação de adubos nitrogenados baixam o pH do solo.

A maior acidificação do solo com a aplicação de adubos minerais nitrogenados, pode ser explicado devido o potencial destes adubos em produzir H^+ ; também o SO_4^{2-} presente na sua estrutura e o NO_3^- formado promovem a lixiviação de bases, contribuindo para maior acidificação do solo (COSTA, 2008).

H + Al

Ratificando a resposta dos tratamentos com aplicação de adubação nitrogenada à acidificação do solo observado, resultou no aumento da concentração de H+Al. Sendo o tratamento NPK o que apresentou maior concentração de H+Al, ou seja, este tratamento elevou a acidez potencial.

Este resultado pode ter sido provocado, pelo cultivo ter promovido lixiviação e extração de bases pelas plantas, pela exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes, ou proveniente da hidrólise do Al (MALAVOLTA, 2006).

P e K^+

O teor de P no solo aumentou em todos os tratamentos utilizados, sendo mais expressivo nos tratamentos Inoculado+PK, PK e Esterco+PK. Este resultado pode ser explicado pela ação dos microrganismos na ciclagem dos nutrientes disponibilizando P no solo. No tratamento NPK o aumento não foi tão expressivo, provavelmente devido a dose de N utilizada ter inibido a ação dos microrganismos.

Em adubação orgânica tem sido demonstrado que o teor de P no solo na profundidade de 0-3 cm é superior em comparação aos tratamentos sem esta fonte de adubação (FAVARETTO et al., 2000). Galvão et al., (2008) observaram que o P disponível nas áreas adubadas com esterco aumentou 20 e 25 vezes em relação às não adubadas e que os teores de P no solo pode variar de acordo com a qualidade do esterco utilizado.

Com relação ao teor de K^+ no solo apenas o tratamento Inoculado+PK apresentou elevação. Este resultado pode ser confirmado pelo fato do uso de fertilizantes potássicos não justificar o aumento da reserva de K no solo e que o suprimento de K é mais dependente das características do solo do que da adição deste elemento (KAMINSKI, et al., 2007).

Ca⁺² e Mg⁺²

Os teores de Ca⁺² e Mg⁺² foram aparentemente influenciados pelos tratamentos, pois houve um aumento expressivo desses elementos em todos os tratamentos utilizados.

Os maiores teores desses elementos foram obtidos no tratamento NPK. É provável que esse tratamento tenha contribuído para a ciclagem do Mg²⁺ e Ca²⁺ no solo.

No tratamento Esterco+PK obteve o menor teor desses elementos no solo. Este resultado não corrobora Galvão et al (2008) e Silva et al (2008a) que obtiveram os teores mais altos de Ca²⁺ e Mg²⁺ nas áreas adubadas com esterco bovino do que nas áreas adubadas só com adubo mineral.

SB, CTC, V

Houve aumento da SB, da CTC e da V no solo (0-20cm) em todos os tratamentos após a colheita do experimento. É provável que o uso de fabáceas que são capazes de produzir altas quantidades de resíduos permite a redução na lixiviação de cátions em profundidade e aumento na CTC, o qual é acompanhado por aumentos proporcionais nos teores das bases Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ nas camadas superficiais (TESTA et al., 1992), tenha contribuído para tal fato, ratificado pelo aumento do teor de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo, como já mencionados, em todos os tratamentos. Podendo-se inferir que os tratamentos utilizados contribuíram para melhorar a fertilidade do solo, pois a SB, a CTC e a V são parâmetros de avaliação da qualidade do solo.

5 CONCLUSÕES

O uso NPK prejudicou o número de nódulos radiculares produzidos pelos rizóbios nativos, mas aumentou a produção de grãos do feijão macaçar;

Em termos imediatos, só o uso de NPK contribuiu para o aumento no teor de N na parte aérea da planta e na produção do feijão macaçar;

As fontes de adubo utilizadas contribuíram para a recuperação da fertilidade do solo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A. **Agroecologia. As bases científicas da agricultura familiar**. Rio de Janeiro, PTA/FASE, 1989. 240 p.
- AMADO, T. J. C.; et al. Fabaceae e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24: 179-189, 2000.
- APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**. P. 399-436, 2003.
- ARAÚJO, A. S. F.; et al. Influência de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo em leucena inoculada com *Rhizobium* e fungo micorrizo arbuscular. **Rev. Ecosistema**, 26: 35 – 38, 2001.
- ARAÚJO, A. S. F.; CARVALHO, E. M. S. Fixação biológica de nitrogênio em fabaceae. **Comunicado Técnico**, 11: 1-4, 2006.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS, UFV, DPS, 1996. P. 125 – 132.
- AS-PTA. **Conversão agroecológica de sistemas agrícolas familiares no Agreste da Paraíba: uma leitura multidisciplinar a partir do enfoque da produção e do manejo da biomassa**. Esperança, AS-PTA/CIRAD, 2000. 12p.
- BINKLEY, D.; GIARDINA, C. Nitrogen fixation in tropical forest plantations. In: NAMBIAR, E.K.S. & BROWN, A.G. **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Camberra, ACIAR, 1997. P.297-337.
- BNB. Banco do Nordeste. **Agenda do Produtor Rural**. Fortaleza, 2006.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5ª Ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos S. A. 1979.647 p.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. P.117-137.

CAMPOS, A.X. Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do Cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens*. (**Tese de Doutorado**). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. 119p.

COSTA, K. A. P. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I - alterações nas características químicas do solo. **Ver. Bras. de Ciênc. do Solo**, 32: 1591-1599, 2008.

DOBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**. São Paulo, 4, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EPSTEIN, E. BLOOM, A. J. Nutrição e crescimento. In: EPSTEIN, E. BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas**. Londrina, Planta, 2006. P. 251 – 286.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: M. Dekker, 1991. 476p.

FAVARETTO, N. et al. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesq. agropec. bras**, 35: 289-297, 2000.

FERREIRA, A.N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, 57: 507-512, 2000.

FRANCHINI, J.C.; GONZALEZ-VILA, F.J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, 231:55-63, 2001.

FRANCO, A. F.; NEVES, M. C. P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. P. 219 – 230.

FRANCO, A. A. Fixação biológica de nitrogênio na agricultura tropical. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS, UFV, DPS, 1996. 505 – 523 p.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Manejo nutricional integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade dos sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Processos biológicos no sistema solo-planta. Ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. P. 201 – 220.

FREIRE FILHO, F. R. **Genética do caupi**. In: O caupi no Brasil. Brasília, IITA/EMBRAPA, 1988. P. 159 – 229.

FREIRE, FILHO, F. R. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa, Informação Tecnológica, 2005. 519 p.

FREIRE, J. R. J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosa. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. P. 121 – 139.

FREITAS, A. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B. Fixação biológica do N₂ em fabaceae arbóreas do semiárido da Paraíba e de Pernambuco. In: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. **Fertilidade do Solo e Produção de Biomassa no Semi-Árido**. Recife, Universitária da UFPE, 2008. P. 27 – 45.

GALVÃO, S. R. S. et al. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesq. agropec. bras.** 43, 2008.

GLEISSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre, Universidade/UFRGS, 2009. 658p.

GOMES, P. **Adubos e adubações**. 11 ed. São Paulo, Nobel, 1984, 187p.

GUALTER, R. M. R. et al. Inoculação e adubação mineral em feijão caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, 9: 469 – 474, 2008.

HARRIS, F.M.A. Farm-level assessmet of the nutrient balance in northern Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 71: 201-214, 1998.

HUNGRIA, M.; et al. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: HUNGRIA, M.; et al. Microrganismos de importância agrícola. **Documentos**, 44. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 9 – 89p.

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**, 65: 151-164, 2000.

ISRAEL, D.W. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. **Plant Physiology**, 84: 835-840, 1987.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas – características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS, UFV, DPS, 1996. P. 95 – 111.

KAMINSKI, J. et al. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 31, 2007.

LEDGARD, S.F.; STEELE, K.W. Biological nitrogen fixation in mixed legume-grass pastures. **Plant and Soil**, p. 141-153, 1992.

MALAVOLTA, E. Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. **Boletim técnico**, 1. São Paulo: SN Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1982. 59 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo, Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p. il.

MENDES, I. C. et al. Eficiência fixadora de estirpes de rizóbio em duas cultivares de feijoeiro. **Rev. Bras. de Ciênc. do Sol.**, Campinas,18: 421 - 425, 1994.

MENEZES, R.S.C.; E.V.S.B. SAMPAIO. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: avanços a partir do agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002. P.249-260.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

NASCIMENTO, C. S.; et al. Nodulação e produção do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**.32, 2008.

NEVES, M. C. P.; RUMJANECK, N. G. Bioquímica e fisiologia da fixação de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. P. 14 – 155.

NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A. Fixação biológica do nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais. **Informe Agropecuário**. v. 24, n. 220, p. 64 – 72. 2003.

NOGUEIRA, L. A. H. Desertificação e a questão energética no semiárido brasileiro: desafios e oportunidades para as energias renováveis. In: KUSTER, A.; et al. **Tecnologias apropriadas para terras secas. Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil**. Fortaleza, Fundação Konrad Adenauer, GTZ, 2006. P.21 – 49.

OLIVEIRA, A.P.; et al. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Hort. Bras.**, Brasília, 21: 77-80, 2003.

OLIVEIRA, A.P.; et al. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Hort. Bras.**, Brasília, 19: 81-84, 2001.

PELEGRIN, R.; et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Rev. Bras. Ciên. Sol.**, 33: 219 – 226, 2009.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. “**MB-4**”: **Agricultura Sustentável, Trofobiose e Biofertilizantes**. ed. Especial. V Fórum Social Mundial. Fundação Juquira Candiru Mibasa. 2005. 273 p.

PRIMAVESI, A. A microbiologia do solo. In: PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9ª ed. São Paulo, Nobel. 1990. 490 p.

PRIMAVESI, A.C.; et al. Absorção de cátions e ânions pelo capim-Coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesq. Agropec. Bras.**, 40:247-253, 2005.

REICHARDT, K.; et al. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 3:1-5, 1979.

RUMJANEK, N. G. et al. Feijão-Caupi tem uma nova estirpe de rizóbio, BR 3267, recomendada como inoculante. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 16p.

RYLE, G.J. A. et al. The respiratory costs of nitrogen fixation in soyabean, cowpea, and white clover. II. Comparisons of the cost of nitrogen fixation and the utilization of combined nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, 30: 145-153, 1979.

SALES, F. C. V. Revegetação de área degradada da caatinga por meio da semeadura ou transplante de mudas de espécies arbóreas em substrato enriquecido com matéria orgânica. (**Dissertação de Mestrado**). (Pós-Graduação em Zootecnia - Sistemas Agrossilvipastoris no Semiárido), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, 2008. 64p.

SANTOS, C. A. F.; et al. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 35: 2229-2234, 2000.

SANTOS, C. E. R. S.; et al. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região Nordeste do Brasil na fixação do N₂ em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Sci. Agron.**, 27: 301-307, 2005.

SANTOS, D.R. Seleção de estirpe de *Bradyrhizobium* para fixação do nitrogênio em caupi (*Vigna unguiculata* (L) WALP), em solos salinizados do semiárido. Recife, 1987. 98p. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural do Pernambuco.

SCHERER, E. E. Utilização de esterco suíno como fonte de nitrogênio: bases para a adubação dos sistemas milho/feijão e feijão/milho, em cultivos de sucessão. Florianópolis: EPAGRI, 1998. 49p. **Boletim Técnico**, 99.

SILVA, E. F.; et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**.68, 2009.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V.A. **New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, J. A. **Aplicação inicial de P₂O₅ no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão caupi**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Área de Concentração: Agricultura Tropical. 73 p. 2007.

SILVA, J. C. P. M.; et al. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo Bruno. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**, 32:2563-2572, 2008a.

SILVA, R. P. et al, Efetividade de estirpes selecionadas para feijão caupi em solo da região semiárida do sertão da Paraíba. **Rev. Bras. de Ciênc. Agrárias**, 3:105-110, 2008b.

SILVA, V. N.; et al. Caracterização e seleção de populações nativas de rizóbios de solo da região semiárida de Pernambuco. **Pesq. Agrop. Trop.**, Goiânia, 37:16 – 21, 2007.

SOUTO, P.C. **Estudo da dinâmica de decomposição de esterco na recuperação de solos degradados no semi-árido Paraibano**. Areia. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia.

SOUZA, R. F. et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo.**, 30, 2006.

STAMFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. **J. Environ. Qual.**, 2:159-166, 1973.

STRALIOTTO, S. Diversidade do Rizóbio – Evolução dos estudos Taxonômicos. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta. Ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. P. 221 – 255.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3º ed. Porto Alegre, Artemed, 2004. 719p.

TEIXEIRA, K. R. G.; et al. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupi. **Ciênc. agrotec.**, 30: 1071-1076, 2006.

THIES, J.E.; et al. Phenology, growth, and yield of field-grown soybean and bush bean as a function of varying modes of N nutrition soil. **Biologic Biochemical**, 27: 575-583, 1995.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 16: 107-114, 1992.

TRANI, P. E.; et al. **Cultura do alho. Recomendação para seu cultivo no Estado de São Paulo**. Campinas, IAC, 1997, 26p.

TSAI, S.M.; BONETTI, R.; AGBALA, S.M.; ROSSETTO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, 152: 131-138, 1993.

URQUIAGA, S.; et al. Contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio na Produtividade dos Sistemas Agrícolas na América Latina. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta. Ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. P. 181 – 200.

XAVIER, T. F.; et al. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. Santa Maria, **Ciência Rural**, 38: 2037-2041, 2008.

ZILLI, J. E.; et al. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesq. agropec. bras.**, 43, 2008.

APÊNDICE

RECOMENDAÇÕES

É importante para estudos futuros as seguintes recomendações:

Analisar o estado fitossanitário das plantas submetidas aos tratamentos utilizados neste estudo, levando em consideração a “Teoria da Trofobiose”;

Conduzir a pesquisa em anos consecutivos e avaliar a contribuição dos tratamentos na manutenção da fertilidade do solo em questão;

Utilizar outras plantas da família Fabaceae que sejam nativas da região e avaliar o seu desempenho e sua contribuição na manutenção da fertilidade do solo.