

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

EDILSON MÁXIMO DA SILVA JUNIOR

**EFICIÊNCIA DE RIZÓBIOS PARA FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)
EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA PRÉ-AMAZÔNIA
MARANHENSE.**

**SÃO LUÍS
Maranhão – Brasil
Agosto – 2009**

EDILSON MÁXIMO DA SILVA JUNIOR
Engenheiro Agrônomo

EFICIÊNCIA DE RIZÓBIOS PARA FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)
EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA PRÉ-AMAZÔNIA
MARANHENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: **Prof. Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos**

SÃO LUÍS
Maranhão – Brasil
Agosto - 2009

**EFICIÊNCIA DE RIZÓBIOS PARA FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)
EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA PRÉ-AMAZÔNIA
MARANHENSE**

EDILSON MÁXIMO DA SILVA JUNIOR

Aprovada em: 25/08/2009

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos (UEMA)
Orientador

Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura (UEMA)

Prof^a. Dr^a. Alana das Chagas Ferreira Aguiar (UFMA)

“... trabalhar lucidamente em favor da escola pública, em favor da melhoria de seus padrões de ensino, em defesa da dignidade dos docentes, de sua formação permanente. Significa lutar pela educação popular, pela participação crescente das classes populares nos conselhos de comunidade, de bairro, de escola. Significa incentivar a mobilização e a organização não apenas de sua própria categoria, mas dos trabalhadores em geral como condição fundamental da luta democrática com vistas à transformação necessária e urgente da sociedade brasileira”.

Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

À Agroecologia, instrumento de luta por um modelo educacional verdadeiramente humanista e de base sustentável.

A minha família por toda dedicação e força voltadas à minha formação.

À família Sena Kishi, Elcenir (Ceta), Yasuo (*In memoriam*), Itajacy, Itajury e Jussara pela confiança e apoio no momento de maior incerteza.

A todos de Monte Alegre, sitio arqueológico no Estado do Pará, obrigado “Bloco da vaqueirada”.

A João Thiago grande amigo e companheiro de jornada. Ao Renato Bernardes, ao Luiz Gusmão e Nargila Gomes de Moura, por todos os momentos felizes, repletos de cultura e sabedoria.

A Cristiane Lisboa Silva e seus pais Eduardo e Emilia, irmãs Raquel e Jaqueline e vovô Romano pelo companheirismo e compreensão desprendidos ao longo destes 3 anos.

Ao Rubens mota “O anormal do brega” pelos momentos inspiradores regados à música e conceitos analíticos sociais.

Ao Addison Couto, grande “picola”, pela influência política e social ao longo destes anos.

Ao Neto, Renato, Wálter e suas experiências, ao Dió pela ajuda nos trabalhos de campo, dona Carmelita pelo chá de capim santo; Seu Penha pela agilidade, aos professores, Moisés, Francisca, Alana, Carlos Freitas e Adenir.

Ao José Geraldo pela orientação repleta de lições.

Ao professor Christoph Gehring e os “cafés culturais” ricos de informação.

Ao Prof. Emanuel Gomes de Moura que tanto se empenhou para minha completa formação.

Ao “Pai Beto”, por sua acolhedora e “saudosa maloca”, por toda compreensão e bondade, muito obrigado mesmo.

Aos amigos do assentamento Tico-Tico, em Miranda do Norte, pela recepção entusiasmante, especialmente Adalto e família, pela força e troca de experiências nos trabalhos de campo.

A Zaíra e Emilene e toda sua família pelo acolhimento, ao João, Isadora, Emanuele, Hugo e Dayse galera do movimento estudantil de luta, ao Thiaguinho, Alan e Antero, que nos acolheram muito bem, à Danúbia, Merijane e Karina pela força nos trabalhos de laboratório.

Ao Aristóteles, “Patchu” e todos do Restaurante Universitário, pelos momentos de alegria e descontração,

As bibliotecárias Ludmila e Elizete (Marizete), pelos momentos de descontração, gentileza e amizade.

A Marinilde pelas reflexões acerca da agroecologia.

Ao ISEC, na pessoa da professora Leuda, pela ajuda financeira nos momentos difíceis de nossa chegada a São Luis.

À dona Rosilda e suas filhas, por toda amizade e ajuda durante toda a nossa estadia no bairro Jardim São Cristóvão.

A tia graça e sua filha Fernanda, por toda força, fé e carinho.

A CAPES e FAPEMA pela concessão de bolsa de estudo.

E a toda gama de pessoas que me ajudaram direta e indiretamente e que estarão para sempre guardadas em minhas lembranças.

*Eu devia estar contente
Porque eu tenho um emprego
Sou um dito cidadão respeitável
E ganho quatro mil cruzeiros
Por mês...
Eu devia agradecer ao Senhor
Por ter tido sucesso
Na vida como artista
Eu devia estar feliz
Porque consegui comprar
Um Corcel 73...
Eu devia estar alegre
E satisfeito
Por morar em Ipanema
Depois de ter passado
Fome por dois anos
Aqui na Cidade Maravilhosa...
Eu devia estar sorrindo
E orgulhoso
Por ter finalmente vencido na vida
Mas eu acho isso uma grande piada
E um tanto quanto perigosa...
Eu devia estar contente
Por ter conseguido
Tudo o que eu quis
Mas confesso abestalhado
Que eu estou decepcionado...
Porque foi tão fácil conseguir
E agora eu me pergunto "e daí?"
Eu tenho uma porção
De coisas grandes prá conquistar
E eu não posso ficar aí parado...
Eu devia estar feliz pelo Senhor
Ter me concedido o domingo
Prá ir com a família
No Jardim Zoológico
Dar pipoca aos macacos...
Ah!
Mas que sujeito chato sou eu
Que não acha nada engraçado*

*Macaco, praia, carro
Jornal, tobogã
Eu acho tudo isso um saco...
É você olhar no espelho
Se sentir
Um grandessíssimo idiota
Saber que é humano
Ridículo, limitado
Que só usa dez por cento
De sua cabeça animal...
E você ainda acredita
Que é um doutor
Padre ou policial
Que está contribuindo
Com sua parte
Para o nosso belo
Quadro social...
Eu que não me sento
No trono de um apartamento
Com a boca escancarada
Cheia de dentes
Esperando a morte chegar...
Porque longe das cercas
Embandeiradas
Que separam quintais
No cume calmo
Do meu olho que vê
Assenta a sombra sonora
De um disco voador...
Eu que não me sento
No trono de um apartamento
Com a boca escancarada
Cheia de dentes
Esperando a morte chegar...
Porque longe das cercas
Embandeiradas
Que separam quintais
No cume calmo
Do meu olho que vê
Assenta a sombra sonora
De um disco voador...*

*Curo de tola
Raul Seixas*

AGROECOLOGIA COMO INSTRUMENTO DE MUDANÇA

A agroecologia é entendida como um enfoque científico destinado a apoiar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agriculturas convencionais para estilos de desenvolvimento rural e de agriculturas sustentáveis (Caporal e Costabeber, 2000a, 2000b e 2001).

Ignorando este contexto a agroecologia tem sido tratada como uma válvula de escape para o processo de produção degradativo construído a partir da revolução verde. Iniciada pela imigração européia e trazendo pacotes tecnológicos adaptados ao clima temperado, o modelo produtivo brasileiro, de forma equivocada, foi inovado com perspectivas de maximização produtiva, excluindo qualquer outro modelo com pouca capacidade de resposta. Com isso, a agroecologia surge reduzidamente como modelo tecnológico “alternativo” aos padrões expansivos em que o eixo econômico é colocado em primeiro lugar, deixando de lado toda e qualquer proposta que assume um papel de responsabilidade social ou mesmo de mudança paradigmática.

A agroecologia adota aspectos sociais, ambientais, econômicos, culturais, políticos e éticos como proposta para se alcançar a sustentabilidade, que vem sendo buscada desde 1987 com o relatório de Brundtland, primeiro documento a discutir a situação da degradação ambiental mundial, encaminhado a Organização das Nações Unidas (ONU). Assim, constrói uma base teórica tomando os agroecossistemas como unidade de análise científica, permitindo-se compreender a razão da construção agroecológica e colocando-se como instrumento multidisciplinar de mudança para o desenvolvimento sustentável dos atores sociais.

Entretanto é preciso enfatizar que, segundo Gliessman (2000), o processo de transição agroecológica é complexo e admite três níveis distintos, porém fundamentais, o

primeiro diz respeito à potencialização das práticas convencionais, evitando com isso uma dependência de insumos externos, onerosos e extremamente impactantes ao meio ambiente. O segundo nível desta transição refere-se à substituição das práticas convencionais por métodos menos degradantes e que levem em consideração as especificidades dos agroecossistemas. E o terceiro e mais complexo, diz respeito ao manejo e redesenho dos agroecossistemas que devem ser compreendidos de maneira holística e integrados aos processos ecológicos sustentáveis.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I -----	10
EFICIÊNCIA DE RIZÓBIOS PARA FEIJÃO CAUPI (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp) EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA PRÉ-AMAZÔNIA MARANHENSE.	
Introdução geral -----	11
Referencial teórico -----	12
A pré-Amazônia Maranhense -----	12
Sistemas de Manejo do Solo -----	13
Fixação Biológica de Nitrogênio e Feijão Caupi -----	16
Referências bibliográficas -----	20
CAPÍTULO II -----	24
MANEJO DO SOLO E EFICIÊNCIA DE ESTIRPES DE RIZÓBIO PARA CAUPI NA PERIFERIA AMAZÔNICA.	
Resumo -----	24
Abstract -----	26
Introdução -----	28
Material e métodos -----	30
Resultados e discussões -----	34
Conclusões -----	43
Referências bibliográficas -----	44

CAPITULO I

EFICIÊNCIA DE RIZÓBIOS PARA FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA PRÉ-AMAZÔNIA MARANHENSE.

I – INTRODUÇÃO GERAL

A pré-Amazônia Maranhense é marcada por um ecossistema com reconhecidas limitações edafoclimáticas que afetam a produtividade da maioria das espécies cultivadas, por isso a convivência dos agricultores com este ambiente em bases sustentáveis requer a promoção de inovações tecnológicas com potencial para incrementar a produção de grãos em culturas importantes para a melhoria da renda, principalmente, dos agricultores de base familiar (COSTA et al., 2003).

O feijão caupi é uma cultura bastante adaptada a esta região, devido sua tolerância à baixa fertilidade do solo, à seca, temperaturas elevadas e salinidade (OLIVEIRA & CARVALHO, 1988), sendo ainda capaz de se beneficiar da fixação biológica de nitrogênio (FBN) quando em simbiose com bactérias conhecidas como rizóbio (MARTINS et al., 1997).

Apesar dos baixos índices nacionais de produtividades do feijão caupi (340 kg/ha) e os níveis de fixação de nitrogênio alcançados por estirpes nativas estarem abaixo do potencial da cultura (FREIRE FILHO et al., 1999), estudos têm demonstrado aumento no potencial produtivo, proporcionado pelo uso de inoculantes com bactérias eficientes capazes de suprir as necessidades desta cultura em nitrogênio (ZILLI, 2001). Para tanto estima-se que a contribuição da fixação biológica de nitrogênio em feijão caupi está orçado em US\$ 13 milhões, somente para a região Nordeste do Brasil, dentro da perspectiva de incremento produtivo em até 50% como já demonstrado por Rumjanek, et al., 2005.

O estudo da fixação biológica de nitrogênio a partir da seleção de bactérias fixadoras diminui a aquisição de adubos nitrogenados, principal responsável pelo aumento dos custos de implantação das culturas, além de diminuir os riscos ao meio ambiente, seja pela utilização de grande quantidade de combustíveis fósseis para sua fabricação ou mesmo pela liberação de Nitrato que pode contaminar os mananciais

oferecendo grande perigo à saúde humana (MARIN, 2006). Por tanto se faz necessário avançar nos estudos desta importante interação biológica que é a FBN, principalmente, sob condições tropicais e com culturas de importância estratégica para a região como o caupi.

II – REFERENCIAL TEÓRICO

1. A Pré-Amazônia Maranhense

O clima quente e úmido da floresta equatorial se destacam na pré-Amazônia maranhense. Os solos desta região são em sua maioria originária de rochas sedimentares e por isso apresentam estrutura frágil, baixa capacidade de retenção de cátions e teores de outros nutrientes também baixos. São extensas as áreas no Maranhão, nas quais, o uso intensivo do solo não pode ser recomendado, por causa de sua baixa capacidade de suportar cultivos intensivos e que, portanto, não são adequados para a instalação de projetos de Agricultura Familiar baseados na produção de culturas anuais. Boa parte desses solos está situada na região Nordeste do Estado, mas ocorre também expressivas na região Sul (MOURA, 2004).

Muitos dos ecossistemas desta região foram alterados em vários níveis de intensidade e não se percebe, em um futuro próximo, a possibilidade de interromper as modificações em curso. Primeiro porque a população da região não dispõe de recursos financeiros e tecnológicos para substituir as práticas responsáveis pela degradação resultante da atividade agrícola. Segundo porque a atuação dos órgãos de fiscalização nem sempre consegue evitar a atuação de madeireiros e carvoeiros que se sentem à vontade para praticar a devastação no que ainda resta de vegetação primária. (MUNIZ, 2006).

2. Sistemas de manejo do solo

No Maranhão se destacam dois sistemas de uso da terra: Sistema Convencional e Roça-no-Toco ou itinerante. Em escala experimental destaca-se o sistema de cultivo em aléias de leguminosas arbóreas, uma alternativa ao sistema itinerante.

2.1. Sistema Convencional de cultivo

Este tipo de sistema de manejo tem como premissa o revolvimento do solo, normalmente isto é feito por meio de arações e gradagens ou o uso intenso de grades aradoras pesadas como implemento do preparo primário da área para o plantio (ROSETTO,2006).

Um assunto especial da ‘agricultura convencional’ é a questão da mecanização, freqüentemente concebida como elemento da modernização e do progresso na agricultura (GEHRING, 2006). No entanto, as experiências que envolvem o preparo mecânico continuado da terra (destocagem, aração e gradagem) têm obtidos, na sua grande maioria, resultados negativos ou até mesmo catastróficos nos solos do trópico úmido. Isto está relacionado a problemas de compactação do solo, interrupção de seus canais naturais, que são cruciais para a sua drenagem (MOURA, 2004), e pela eliminação acelerada da fina camada orgânica superficial do solo.

A primeira aração é profunda e deve ser feita com bastante antecedência ao plantio. Seu objetivo é a destruição dos restos da soqueira ou da cultura anterior e a incorporação e decomposição dos restos culturais existentes. Para a destruição da soqueira pode-se utilizar herbicida ou uma enxada rotativa. A gradagem tem o objetivo de romper blocos de terra e nivelar o terreno. Pouco antes do plantio deve ser feita nova gradagem com o objetivo de controlar plantas daninhas e preparar o nivelamento do terreno para a sulcação. (ROSETTO et. al., 2006).

O arado, implemento símbolo da agricultura, vem sendo utilizado pelo homem há cerca de 5000 anos, porém os avanços, até recentemente, eram dirigidos ao aumento da capacidade de trabalho dos conjuntos e, esporadicamente, no sentido do aperfeiçoamento da técnica do preparo do solo de modo a viabilizar o preparo conservacionista (MEDEIROS,1995).

A agricultura convencional não tem sido uma alternativa de sucesso à agricultura itinerante uma vez que preconiza a substituição das sinergias proporcionadas pela biodiversidade dos ecossistemas naturais, presentes no trópico úmido, por ações pontuais altamente dependentes de insumos externos ao agroecossistema, tais como o monocultivo, a ressaturação dos colóides do solo via uso maciço de corretivos e fertilizantes solúveis, os controles químicos de ervas daninhas, pragas e doenças e o estreitamento da base alimentar e genética. Esse modelo de agricultura tem, na verdade, contribuído para o desequilíbrio das dimensões da sustentabilidade, uma vez que é concentrador de renda e fortemente excludente, porque sua viabilidade é extremamente dependente da escala de produção. Do ponto de vista ambiental é notório que esse modelo destrua as bases dos recursos naturais dos quais depende a atividade agrícola e aumente a pressão exercida sobre os recursos naturais pela parcela da população pobre excluída do processo produtivo. (FERRAZ JUNIOR et. al., 2006)

2.2. Sistema de Roça-no-toco

O sistema de cultivo denominado Roça-no-toco, também conhecido como corte-e-queima, é baseado na derrubada e queima da vegetação para a fertilização do solo. Normalmente a área é aproveitada durante um ou dois períodos de cultivo. Após o declínio da fertilidade do solo, segue um período de pousio por alguns anos com o intuito de restaurar a fertilidade do solo, através do acúmulo de matéria orgânica e concentração dos nutrientes na biomassa vegetal até ser queimada novamente. (SIMINSKI et. al., 2007). Este é um sistema milenar herdado das comunidades indígenas pelas populações colonas das regiões tropicais e subtropicais. Em um local de densidade demográfica baixa pode ser considerado proveitoso, porém com o aumento da população ou diminuição do tamanho das propriedades agrícolas o tempo de pousio diminuiu, afetando o poder de resiliência do solo, que acaba tornado-se improdutivo e degradado (MEDEIROS, 2005).

O lado negativo e degradante da agricultura itinerante é intimamente associado aos efeitos deletérios da queima da vegetação nativa (KLEINMAN et al., 1995). Benéfica no curto prazo como anteriormente delineado, a queima causa perdas elevadas de nutrientes, notavelmente os mais voláteis como N e S (MACKENSEN et al., 1996;

HÖLSCHER et al., 1997). As emissões de CO₂ e de N₂O contribuem significativamente para o ‘efeito estufa’ (HOUGHTON et al., 2000; GRACE, 2004).

Além da degradação ambiental provocada pela regeneração incompleta das capoeiras, a crise da agricultura itinerante leva consigo sérias conseqüências socioeconômicas, sendo responsável pela diminuição ou estagnação da produtividade agrícola no âmbito da agricultura familiar, associada a uma severa pobreza rural nas regiões dominadas por esta forma tradicional de uso da terra. (GEHRING, 2006).

2.3 Sistemas de Cultivo em Aléias

Nos anos setenta, pesquisadores começaram a documentar a substituição de sistemas de cultivo de longo pousio por sistemas de pousio curto. Estes pousios curtos causaram declínio de produtividade e degradação de terra. Para superar estes problemas e ainda, os custos altos de importação de adubos, infra-estrutura rural pobre e uma falta de apoio institucional apropriado para agricultura, cientistas do Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) na Nigéria adaptaram um sistema tradicional de cultivo entre árvores, desenvolvido por agricultores do sudeste asiático, para uso potencial em regiões tropicais. Os resultados de pesquisa foram positivos e conduziram ao desenvolvimento do sistema de aléias (KANG, 1993)

O sistema em aléias pode evitar com que o produtor tenha que ficar mudando de área toda vez que acabam as reservas do solo, adequando o manejo do solo para que estoques de nutrientes sejam sempre renovados. Como consequência seria poupado anualmente áreas de vegetação nativa, equivalente à gleba cultivada, além de contribuir para a conservação do solo, dentre outros benefícios (GEHRING, 2006).

As pesquisas em manejo de solo sob clima tropical têm evidenciado que os tipos de manejo de solo sem movimentação levam a acumulação de maiores teores de carbono orgânico no sistema. No Plantio Direto, por exemplo, a matéria orgânica tende a se acumular na camada superficial do solo, devido a não incorporação dos resíduos e à menor taxa de decomposição destes. Embora, neste sistema a biomassa microbiana se concentre na camada superficial, a esta mesma biomassa apresenta-se superior qualitativa e quantitativamente. A ocorrência da matéria orgânica sob esses aspectos está associada à

qualidade e quantidade dos resíduos vegetais no sistema, tipo de solo e clima (MEDEIROS,1995).

O sistema em aléias traz vantagens como a garantia de adubação verde ou cobertura morta para as espécies de interesse agrícola, reciclagem de nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas do solo, manutenção e estímulo para a atividade da biota do solo, controle da erosão. Também, o material das podas pode ser utilizado como estacas e lenha, controle de plantas invasoras, além disso, quando são empregadas leguminosas nodulíferas há a entrada de nitrogênio no sistema via a fixação biológica (FORTES, et. al., 2006).

Características comuns destes sistemas agroflorestais tradicionais são a alta diversidade taxonômica e funcional, a estratificação vertical aérea e radicular, a baixa susceptibilidade a pragas, doenças e infestação por plantas espontâneas, a ciclagem fechada de nutrientes dentro do agroecossistema, e em conclusão a sua sustentabilidade ecológica (FERRAZ JUNIOR, 2006).

3. Fixação Biológica de Nitrogênio e Feijão Caupi

3.1. Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo biológico de quebra da tripla ligação do N_2 através de um complexo enzimático, denominado nitrogenase. Este processo ocorre no interior de estruturas específicas, denominadas de nódulos, onde *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium* (geralmente conhecidas por rizóbios) convertem o N_2 atmosférico em amônia, incorporada em diversas formas de N orgânico para a utilização por plantas da família das leguminosas (DILWORTH, 1984).

Em todas as leguminosas a fixação de N_2 não é iniciada até que a planta possa sustentar esta atividade, ou seja, ceder energia para que a bactéria possa entrar em atividade e fornecer o nitrogênio necessário, ou até que se esgote o nitrogênio presente na semente, e a planta, portanto, venha a sentir a falta deste elemento (Mercante et al., 1992).

A formação dos nódulos é um processo complexo que ocorre em várias etapas e envolve mudanças fisiológicas e morfológicas, tanto na célula hospedeira, como na

bactéria. As mudanças na bactéria visam, principalmente, o recebimento de fontes de carbono da planta hospedeira, para prover o ATP e poder redutor, necessários para o processo de FBN, enquanto que as mudanças na planta hospedeira visam assimilar a amônia produzida pelas bactérias (Hungria e Campo, 2005).

A simbiose entre leguminosas e bactérias nodulíferas, além de ser uma das mais conhecidas, tem sido também muito benéfica ao homem, pois possibilita a diminuição e até a completa eliminação do uso de nitrogênio mineral. Isto possibilita, dentre outros benefícios, reduzir o custo com as culturas, dando oportunidade, principalmente, a agricultores de baixo poder aquisitivo, devido aos altos preços dos fertilizantes nitrogenados. Quando inoculadas às sementes, as bactérias induzem a formação de nódulos, estes são considerados o centro de fixação e distribuição do N-fixado (FREIRE, 1992).

Apenas uma porção dos organismos do grupo dos procariotos consegue converter enzimaticamente o nitrogênio da atmosfera em amônia. Dessa forma, a ação de microrganismos fixadores de nitrogênio e desnitrificadores garantem um reservatório inesgotável de nitrogênio na atmosfera. Além de garantir um ecossistema em equilíbrio, a redução na aplicação de doses excessivas de compostos nitrogenados, como por exemplo, o nitrato, que contamina as águas e os vegetais consumidos pelo homem, possibilita o desenvolvimento de uma agricultura menos agressiva ao ambiente. Segundo Peoples & Craswell, (1992) a estimativa é de que a contribuição de nitrogênio fixado biologicamente pode chegar a 250 kg/ha/ano.

Sob o ponto de vista econômico, a fixação biológica de nitrogênio proporciona considerável economia no plantio das leguminosas, a cultura da soja, por exemplo, pode fixar até 229 kg de N ha⁻¹, proporcionando aumento de até 40% na produção em relação ao tratamento com N (FREIRE, 1992). Outro caso é da cultura da ervilha que inoculada com estirpes apresentou incremento produtivo de 900 kg/ha em relação á testemunha com N mineral (PERES, 1992).

A simbiose leguminosa-rizóbio é considerada mais eficiente, pois a leguminosa apresenta tolerância a fatores do meio tais como temperatura, umidade, pressão de oxigênio, acidez e deficiência de alguns nutrientes minerais dentre eles o fósforo, o molibdênio e até mesmo o próprio nitrogênio (NEVES, 1987), Nesta interação biológica o rizóbio, que faz parte do sistema simbiótico, passa a ser beneficiado pela manutenção de um ponto ótimo nos fatores genéticos e edafoclimáticos que afetam o desenvolvimento destes organismos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Estirpes de rizóbios eficientes já foram selecionadas para cerca de 100 espécies por várias instituições de pesquisa brasileira, no entanto, do total de cerca de 26 milhões de doses de inoculantes comercializadas (produzidos no Brasil e importados) em 2003, 99% são para a cultura da soja e apenas 1% para as outras espécies, especialmente para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Portanto, é imprescindível a difusão desta biotecnologia, de baixíssimo custo, para as outras culturas de leguminosas, especialmente para aquelas como o feijão caupi, cultivadas por pequenos agricultores para sua subsistência (Moreira, 2004).

3.2. Fixação biológica de nitrogênio no caupi

O Feijão- caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura da família Fabaceae, desenvolve-se numa ampla faixa ambiental, sua rusticidade permite adaptar-se em terras altas e baixas, tornando-o uma importante cultura em vários países na América Central e América do Sul (MOUSINHO, 2005).

No Brasil a cultura do feijão-caupi é de grande importância social e econômica e de notável potencial estratégico, principalmente para as regiões Norte e Nordeste (SILVA et al., 2006), sendo responsável anualmente pela criação de 1,36 milhões de empregos e pela alimentação de mais de 23 milhões de brasileiros (FREIRE FILHO et al., 2005). Como forma de elevar a produtividade desta cultura, baixar os custos de produção e elevar a renda do produtor rural vislumbra-se a possibilidade de exploração da fixação biológica de nitrogênio (FBN) através da adoção da prática de inoculação das sementes com estirpes do grupo rizóbio, eficientes. É importante a verificação da necessidade da inoculação do caupi com estirpes específicas, a fim de garantir maior eficiência na fixação de N₂ (STAMFORD et al., 1988).

Trabalhos desenvolvidos, especialmente no semi-árido nordestino, têm mostrado a obtenção de rendimentos de grãos significativos com a utilização de inoculantes com estirpes eficientes (MARTINS et al., 2003).

A inoculação do caupi com estirpes de rizóbio para condições de acidez e temperatura elevada mostrou ser bastante eficiente; em alguns solos, foi demonstrado que o N proveniente da fixação biológica pode suprir todo o N necessário para produção

satisfatória (STAMFORD et al., 2002), já que a disponibilidade de nutrientes para as plantas interfere na produção e na qualidade da semente, por afetar a formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como na composição química e, conseqüentemente, no metabolismo e no vigor (CARVALHO & NAKAGAWA, 1980).

Soares et. al. (2006) em estudo sobre eficiência agronômica de estirpes em condições de campo, encontrou valores de rendimento de grãos do feijão caupi inoculado, semelhantes ao da testemunha com adubação mineral de 70 kg/ha, confirmando os resultados de Melloni et. al. (2004) que em seu estudo sob solos de mineração de bauxita constatou que as bactérias diazotróficas endofíticas contribuem para o desenvolvimento das plantas por meio da fixação biológica de nitrogênio, pois segundo Bazzicalupo & Okon (2000) os rizóbios produzem e liberam hormônios que contribuem para nutrição mineral e ciclo de água na planta. Este incremento produtivo proporcionado pela inoculação de rizóbios é fundamental para o Estado do Maranhão já que segundo Moura (2004) os solos do trópico úmido apresentam-se em condições desfavoráveis química, física e biologicamente à produção agrícola sustentável na região, elevando o nível de miséria no meio rural.

Tomando como base os dados literários levantaram-se as hipóteses de que a utilização de rizóbios como forma de fixar nitrogênio para o desenvolvimento da cultura do feijão caupi pode garantir melhores produtividades na região, também que a utilização destes rizóbios, em alguns sistemas de manejo do solo, garante produtividade da cultura do feijão caupi igual às alcançadas com adubos nitrogenados e que a eficiência das estirpes de rizóbio tem relação com o sistema de manejo do solo adotado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZZICALUPO, M. & OKON, Y. Associative and endophytic symbiosis. In: PEDROSA, F.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G. & NEWTON, W.E., eds. **Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000. p.409-410.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova Extensão Rural. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, Vol. 1, n. 1, p. 16-37, Jan./mar. 2000a.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e sustentabilidade. Base conceptual para uma nova Extensão Rural. In: **world congress of rural sociology**, 10. Rio de Janeiro. Anais. IRSA. 2000b.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova Extensão Rural. Em ETGS, V. E. (Org.). **Desenvolvimento rural: Potencialidades em questão**. Santa Cruz do Sul: EDUSC, 2001. P.19-52.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 224p.

COSTA, F.S. et. al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v. 27, p.527-535, 2003.

DILWORTH, M. J.; GLENN, A. How does a legume nodule work? **Trends Biochem Science**. 1984. p. 519-523.

FERRAZ JUNIOR, A. S. L. O cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do trópico úmido. In: (Org) MOURA, E. G. **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. 2006, p. 71-100.

FORTES, J. L. O.; BALIERO, F. C.; FRANCO, A. A. Leguminosas arbóreas como agentes de recuperação de áreas degradadas. In: (Org) MOURA, E. G. **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. 2006, p.101-132.

FREIRE, J. R. J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio /leguminosas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. Microbiologia do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas – SP, 1992. p.121-140.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. F. Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R., ed. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível via Word Wide Web <http://www.cpatsa.embrapa.br>. ISBN 85-7405-001-6.

GEHRING, C. O ambiente do trópico úmido e o manejo sustentável dos agrossistemas. In: (Org) MOURA, E. G. **O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: Princípios e tecnologias**. 2006, p. 101-140. Série Agroecologia – Vol.II. UEMA. 2006.

GRACE, J. Understanding and managing the global carbon cycle. **Journal of Ecology**, v.92, p.189-202, 2004

HÖLSCHER, D.; MOELLER, R.F.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting agriculture in eastern Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 47, p.49-57, 1997.

HOUGHTON , R. A.; SKOLE , D.L.; NOBRE, C.A.; HACKLER , J.L.; LAWRENCE , K.T. & CHOMETOWSKI, W.H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v.403, p.301-304, 2000

HUNGRIA, M. & CAMPO, R. J. Fixação biológica do nitrogênio em sistemas agrícolas. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30, 2005, Recife. ANAIS, 2005. 1 CD-ROM.

KANG, B.T. Alley cropping: past achievements and future directions. **Agroforestry Systems**. 23:141-155, 1993.

KLEINMAN, P. J. A.; PIMENTEL, D.; BRYANT, R.B. The ecological sustainability of slash-and-burn agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.52, p.235-249, 1995.

MACKENSEN, J.; HÖLSCHER, D.; KLINGE, R.; FÖLSTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 86, p.121-128, 1996.

MARTINS, L. M.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v.38, n. 6, p.333–339, 2003.

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

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. S.; BALDANI J. I. Fixação Biológica de Nitrogênio: Bactérias Fixadoras de Nitrogênio de Importância para a Agricultura Tropical. **Boletim técnico EMBRAPA Agrobiologia**. Seropédica – RJ. 2006

MEDEIROS, G. B. de. Anais do 1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas. **Evolução e estado da arte do cultivo mínimo na agricultura**. 1995.

MELLONI, R.; NOBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. e SIQUEIRA, J. O.. Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas endofíticas em solos de mineração de bauxita, em reabilitação. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2004, vol.28, n.1. p. 85-93 .

MERCANTE, F. M. A inoculação do feijoeiro comum com rizóbio. Centro Nacional de Pesquisa de Biologia do Solo, 1992. 8 p. (CNPBS. **Comunicado Técnico, 10**).

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**, Lavras, UFLA, 2006, 729p.

MOREIRA, F. M. S. Estirpes de bactérias altamente eficientes que fornecem nitrogênio para caupi foram selecionadas na UFLA e já são recomendadas para produção de inoculantes comerciais. Disponível em: <[http:// www.dcs.ufla.br/artigo-caupi.pdf](http://www.dcs.ufla.br/artigo-caupi.pdf)>.

MOURA, E.G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva. In: (Ed.) MOURA, E.G. **Agroambientes de transição - entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. São Luís: Universidade Estadual de Maranhão, 2004. cap.1, p. 15-51.

MOUSINHO, F.E.P. Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, 2005. 97p. (**Tese de Doutorado**)

MUNIZ, F.H. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste, Diversidade e Estrutura. **Série Agroecologia** – Vol.1. 2º Ed. 2006. UEMA

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

OLIVEIRA, I.P.; CARVALHO, A.M.A. de. A cultura do caupi nas condições de clima e solo dos trópicos úmidos e semi-áridos do Brasil. In: ARAÚJO, J.P. de; WATT, E.A. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA; Embrapa-SPI, 1988. p.65-95.

PEOPLES, M.B.; CRASWELL, E.T. Biological nitrogen fixation; investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.141, n.1, p.13-39, 1992.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Fixação do N₂ em leguminosas cultivadas em solos de cerrados. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. Microbiologia do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas – SP, 1992. p.213-218.

ROSETTO, R.; Santiago, A. D. Preparo convencional. **Agência de informação Embrapa**. In:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/contag01.html>, 2006.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; MORGADO, L.B.; NEVES, M.C.P Fixação Biológica de Nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA. J. A. de A.;

SILVA, P. H.S. da; VIANA, F. M. P. (Org.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. 2005. p. 279-235.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C. Roça-de-toco: uso de recursos florestais e dinâmica da paisagem rural no litoral de Santa Catarina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.690-696, mai-jun, 2007.

SOARES, A. L. L.; FERREIRA. P. A. A.; PEREIRA, J. P. A. R.; VALE, H. M. M.; LIMA, A. S.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Agronomic efficiency of selected rhizobia strains and diversity of native nodulating populations in Perdões (MG - Brazil): I - cowpea. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 30, n. 5, Oct. 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. **Journal Agriculture Science**. 139:275-281, 2002.

STAMFORD, N.P.; VASCONCELOS, I. & ALMEIDA, R.T. Fixação biológica de nitrogênio em caupi na região nordeste brasileira. In: ARAÚJO, P.P. & WATT, E.E., eds. **O caupi no Brasil**. Brasília, Embrapa, 1988. p.475-504.

ZILLI, J. L. E. Caracterização e seleção de estirpes de rizóbio para inoculação de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] em áreas do cerrado. 2001. 137 p. Dissertação (**Mestrado em Ciência do Solo**) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

CAPÍTULO II

MANEJO DO SOLO E EFICIÊNCIA DE ESTIRPES DE RIZOBIO PARA CAUPI NA PERIFERIA AMAZÔNICA

RESUMO: A região Centro-Norte do Maranhão é caracterizada por solos de baixa fertilidade natural, ácidos e com altos teores de areia fina, particularidades capazes de impedir um maior rendimento das culturas. Portanto, a fixação biológica de nitrogênio assume importância estratégica, como alternativa mais adequada econômica e ambientalmente, para o fornecimento de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cinco estirpes de rizóbio, indicadas para o feijão caupi, quanto à nodulação e produtividade desta cultura, sob três sistemas de manejo do solo em área de agricultura familiar no estado do Maranhão. O estudo foi conduzido sob um PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico, textura média. Foram estudadas três áreas em adjacência, distintas quanto ao sistema de manejo do solo, sendo uma área de Cultivo convencional (aração e gradagem), outra de Roça-no-toco (corte e queima da vegetação nativa) e uma terceira área sob cultivo em esquema de Aléias (plantio direto na palha de uma leguminosa arbórea - *Clitoria fairchildiana*; alternativa ao corte e queima). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de duas testemunhas não inoculadas, sendo uma sem nitrogênio complementar e a outra adubada com 74Kg de N ha⁻¹, na forma de uréia, além de mais cinco tratamentos inoculados com estirpes de rizóbio (BR-3262, BR-3267, BR-3299, BR-3301 e BR-3302). A cultivar de feijão caupi estudada foi a BRS-Guariba. As parcelas experimentais constaram de seis linhas de 6 metros de comprimento, com espaçamento de 0,5m entre linha e 10 sementes por metro. Foram determinados o número de nódulos frescos, peso seco de nódulos e peso seco da parte aérea por planta e a produtividade de grãos em kg ha⁻¹. Neste estudo foi observado que, quanto aos parâmetros nodulação, crescimento e produção de grãos houve diferença entre os sistemas de manejo agrícola destacando-se o sistema de roça-no-toco e em pior condição o sistema de cultivo convencional. Para o parâmetro produtividade apenas sob Cultivo Convencional não foi verificado efeito dos tratamentos de inoculação estudados. No sistema em aléias somente as estirpes BR-3302 e BR-3267 foram capazes de

aumentar a produtividade do caupi, com incrementos de até 42%, em relação à testemunha sem N. Para o sistema de Roça-no-toco, todas as estirpes foram capazes de aumentar a produtividade em relação à testemunha sem N, porém a maior produtividade foi verificada na testemunha com N mineral, mais de 1600 kg ha⁻¹. Sob este sistema de manejo destacou-se as estirpes BR-3302 e BR-3299, com produtividades próximas a 1200 kg ha⁻¹, contra 600 kg da testemunha sem N. Isto representa um ganho em produtividade da ordem de 180%, em relação à média do Estado, que é pouco mais de 400 kg ha⁻¹. Portanto, verifica-se que a magnitude e o padrão de resposta do feijão caupi à inoculação estiveram associados à estirpe de rizóbio estudada e ao sistema de manejo praticado pelos agricultores familiares da região.

Palavras – chaves: Trópico úmido, inoculação, fixação biológica de nitrogênio, agricultura familiar, bactérias nodulíferas.

ABSTRACT: Maranhão central north region is characterized as a place with acid, high contents of fine sand and low natural fertility soils, particularities which are capable of hinder a more crop production. Therefore, nitrogen biological fixation has a strategic importance as the more appropriated economically and ecologically alternative for the empowerment of nitrogen in cowpea cropping. This work aimed to study the behavior of specific 5 rhizobia strains, which are used in cowpea, in relation to nodulation and productivity of the cultivation, under three soil management systems in familiar agriculture in the state of Maranhão. Three surrounding areas were studied, under three different soil management systems, one under conventional cultivation (disc plowing and light disc harrowing), other a slash – and – burn system (on native vegetation) and a third one under alley-cropping system (no-till system on leguminous trees straw with *Clitoria fairchildiana* – alternative to slash-and-burn system). Experimental design was randomized block with four replicate and seven treatments. The treatments had two controls without inoculation, one without complement nitrogen and other fertilized with 74Kg of N ha⁻¹, as urea form, besides more five treatments with *Rhizobia* strains (BR-3262, BR-3267, BR-3299, BR-3301 and BR-3302). Cowpea studied was BRS- Guariba. The experimental plots were divided in 6 lines of 6 meters of length, with 0,5 m between them and 10 seeds per meter. The number of fresh nodules, nodules dry weight, shoot dry mass and beans productivity (kg ha⁻¹) were determined. The study showed that about beans nodulation parameters, growth and production there was differences between agricultural management system standing out slash- and- burn system and worst conditions under conventional cultivation system. For the productivity parameter only under conventional system was not verified inoculation treatments effects. On alley cropping system only BR- 3302 and BR- 3267 strains were capable to develop cowpea productivity up to 42%, regarding to control without N. For the slash-and-burn system all strains were capable of increase productivity in relation to control without N, nevertheless higher productivity was verified on control with mineral-N, more than 1600 kg ha⁻¹. Under this system stood out BR-3302 and BR-3299 strains with productivity close to 1200 kg ha⁻¹, against 600 kg from control without N. It represents a productivity increase about 180% in relation to the State average, that is a something around 400 kg ha⁻¹. Therefore it was verified that magnitude and cowpea response pattern to inoculation was associated to *rhizobia* strains that had been studied and to the management system used by familiar farmers from this region.

Key- words: humid tropic, inoculation, nitrogen biological fixation, familiar agriculture, nodulating bacteria.

1 - INTRODUÇÃO

A região Centro-Norte do Maranhão é caracterizada por solos de baixa fertilidade natural, ácidos e com altos teores de areia fina, particularidades capazes de impedir um maior rendimento das culturas (SILVA & MOURA, 2006). Estes solos têm alta suscetibilidade ao encrostamento e compactação, taxas de infiltração muito baixas que, associado a altos índices pluviométricos, diminuem o coeficiente de difusão do O₂ prejudicando a oxigenação na zona radicular (MOURA et al., 1992). Há também, o agravante da degradação generalizada dos solos, principalmente, pelo predominante uso, na região, dos sistemas de cultivo com corte-e-queima e preparo convencional. No entanto, o emprego de leguminosas arbóreas, em especial o plantio direto sob esquema de aléias, é uma alternativa capaz de recuperar e ampliar a capacidade produtiva destas áreas, já degradadas (FERRAZ JÚNIOR, 2006; FORTES et. al., 2004). O tipo de manejo pode ser mais um fator de interferência na resposta do feijão caupi à inoculação com BFNN (NASCIMENTO et al., 2008), além da estirpe empregada e fatores ligados ao solo e clima (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, item essencial na segurança alimentar e geradora de emprego e renda, alcançando até 95% da produção total de feijão em alguns estados, dentre eles o Maranhão (ANDRADE JR. et. al., 2002). Também é uma cultura secundária, que não concorre com a cultura principal sendo ótima alternativa para segunda safra. Além disso, é uma cultura que tolera solos de baixa fertilidade e ácidos, assim como altas temperaturas e estresses hídricos, comuns na região. Em parte, esta rusticidade pode estar relacionada à capacidade de formar simbiose eficiente com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas (BFNN) (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006)

e também porque seu provável centro de origem, o continente africano, possui características parecidas às anteriormente descritas (FREIRE FILHO et al., 1999).

Além das limitações físicas e químicas dos solos, efeitos negativos da degradação destes e ineficiência das comunidades nativas de BFNN, a maioria das propriedades que cultivam feijão caupi pertence a agricultores de baixa adoção de tecnologia e reduzida capacidade de investimentos. Isto pode explicar as baixas produtividades da cultura normalmente conseguidas (IBGE, 2007), em escala nacional, cerca de 340 kg ha⁻¹ e no Maranhão, cerca de 430 kg ha⁻¹. Estudos têm demonstrado aumento no rendimento da cultura com a inoculação de BFNN eficientes, via inoculantes, a exemplo de Lacerda et al. (2004) e Soares et al. (2006) na região Sudeste e Nascimento et al. (2008) e Gualter et al. (2008) no Nordeste do Brasil. Foram verificadas produtividades da ordem de 1.200 a 1.500kg ha⁻¹, representando incremento de até três vezes, em comparação ao tratamento não inoculado e equiparado à adubação nitrogenada. Esta última prática é considerada limitante economicamente para a maioria dos agricultores que dependem da cultura do caupi.

Portanto, a fixação biológica de nitrogênio assume importância estratégica, como alternativa mais adequada econômica e ambientalmente, para o fornecimento de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi. Porém o uso de inoculantes ainda é praticamente desconhecido pelos agricultores, o que é agravado pela falta de estudos de campo que auxiliem na seleção de estirpes de BFNN regionalmente eficientes e na difusão dessa tecnologia. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de cinco estirpes específicas de rizóbio para a nodulação e produtividade do feijão-caupi, sob três sistemas de manejo do solo em área de agricultura familiar no estado do Maranhão.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido entre os meses de maio e julho de 2008, sob condições de campo, no município de Miranda do Norte – MA, localizado a 3° 36' de latitude Sul e 45° 24' de longitude Oeste, a 60m de altitude, em área de agricultores familiares, no assentamento Tico-tico/INCRA. O experimento foi instalado sob um PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico (EMBRAPA, 2006), originário de sedimentos da Formação Itapecuru (JACOMINE et. al., 1986), textura média, com características químicas apresentadas na tabela 1. Foram estudadas três áreas distintas quanto ao histórico de uso agrícola, sendo uma área de Cultivo convencional (uma aração seguida de duas gradagens por dois anos), Roça-no-toco (área de agricultura itinerante de corte da vegetação nativa seguida de queima para limpeza do terreno e fertilização do solo com as cinzas) e uma terceira área sob cultivo em esquema de Aléias (alternativa ao modelo itinerante de corte-queima (plantio direto sob palha de leguminosa arbórea - *Clitoria fairchildiana*), já no terceiro ano da implantação, após a área ter sido abandonada pelo sistema itinerante). Em todas as três áreas o feijão-caupi, variedade BRS Guariba, foi cultivado logo após a colheita do arroz, no mesmo ano agrícola.

As estirpes de rizóbio estudadas, foram cedidas pela EMBRAPA – Agrobiologia, Seropédica – RJ, via inóculo turfoso e concentração de células bacterianas adequada para a aplicação de 250g de inóculo para 50kg de sementes. O delineamento experimental em cada um dos três sistemas de manejo da terra foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de duas testemunhas sem inoculação (uma delas sem nitrogênio complementar e a outra adubada com 74kg de N ha⁻¹, na forma de uréia) e mais cinco tratamentos com estirpes de rizóbio (BR3262, BR3267, BR3299, BR3301 e BR3302).

Tabela 1. Análise química do solo das áreas estudadas.

Área	C.O	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	Al	V%
Cultivo Conv.	28	4,7	5	3,9	35	27	22	8,8	2	75
Aléia	28	4,5	6	4,3	43	53	23	12,3	33	83
Roça-no-Toco	15	4,6	4	3,9	22	20	33	7,9	6	58

CO= carbono orgânico em g kg⁻¹; P em mg dm⁻³(resina); pH em CaCl₂; K, Ca, Mg, H+Al e Al em mmolcm⁻³ e CTC em cmol_c dm⁻³.

O plantio foi realizado com auxílio de semeadora manual de plantio direto (tipo matraca), todos os tratamentos incluindo as duas testemunhas receberam adubação básica de plantio, sendo aplicados 98 Kg de P₂O₅ ha⁻¹, na forma de superfosfato simples. Cada

parcela experimental constou de seis linhas de 6 metros de comprimento, espaçadas 0,5 m uma da outra e aproximadamente 10 sementes por metro linear. Todo o nitrogênio foi fornecido em adubação de cobertura na terceira semana após o plantio. O controle das plantas espontâneas foi efetuado manualmente, sempre que necessário.

Na ocasião do florescimento, aproximadamente 40 dias após o plantio, coletou-se, ao acaso, cinco plantas inteiras por parcela. As plantas foram separadas em parte aérea e raízes e após cuidadosa limpeza em água corrente, os nódulos foram manualmente destacados para determinação do número de nódulos frescos. O peso seco de nódulos e da parte aérea foram determinados após secagem em estufa de circulação forçada de ar e temperatura de 60 °C até peso constante.

Ao final do ciclo da cultura (81 dias), cerca de dois metros quadrados de área útil foram colhidos em cada parcela. Foram coletadas apenas as plantas das duas fileiras centrais, desprezando-se dois metros no início e no fim destas. Após correção da umidade para 13%, conforme indicado para grãos armazenados, determinou-se o peso seco de grãos por parcela (PSG), peso seco de cem grãos (PS100grãos) e produtividade em Kg ha⁻¹.

A eficiência relativa de cada parcela foi calculada segundo a expressão,

$$Efr = \frac{MSPA_{inoculado}}{MSPA_{com N}} \times 100$$

sendo: *Efr*= eficiência relativa; *MSPA_{inoculado}*= massa seca da parte aérea do tratamento inoculado; *MSPA_{com N}*= massa seca da parte aérea do tratamento com adubação nitrogenada.

Também foi realizada a captura e caracterização fenotípica cultural das comunidades nativas de BNL nas áreas estudadas, segundo metodologia descrita em Hungria & Araújo (1994) (Tabela 2). Na fase de florescimento do caupi, coletaram-se nódulos em cinco plantas, ao acaso, apenas no tratamento testemunha sem nitrogênio, das três áreas estudadas. Coletou-se um total de três nódulos por planta, os quais foram armazenados em frascos plásticos contendo sílica gel e mantidos à temperatura de 4 °C até o momento da identificação das colônias de bactérias em placa de pétri. Após a reidratação dos nódulos em água destilada e autoclavada foi realizada a desinfestação superficial com álcool 95%, por 30s, seguida de hipoclorito de sódio a 1%, por um minuto, antes da maceração e riscagem das estrias em meio de cultura 79 (FRED &

WAKSMAN, 1928). Avaliaram-se as seguintes características culturais das colônias isoladas, conforme (MOREIRA, 1991): Tempo em dias para o aparecimento da colônia; Diâmetro médio da colônia; Forma da colônia; Produção de goma; Coloração da colônia; Densidade das colônias; Coalescência; Consistência e Elevação da colônia.

Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de média (Scott-Knott a 5% de significância) pelo programa SISVAR.

Tabela 2. Resumo da caracterização fenotípica cultural das colônias de bactérias nativas nodulíferas de leguminosas encontradas no caupi nas áreas estudadas.

Características	Sistema de Produção					
	Aléia		Cultivo Convencional		Roça-no-toco	
Dias para aparecimento de colônias isoladas	Rápido ^{1/}	Lento ^{2/}	Rápido	Lento	Rápido	Lento
Diâmetro da colônia (mm)	< 1 ^{1*}	1 a 2 ²	< 1 ²	< 1 ¹	1 a 2 ¹²	
	1 a 2 ³	ou	1 a 2 ³	1 a 2 ⁴	> 2 ²	1 a 2
	> 2 ³	< 1 ³	> 2 ²	> 2 ¹		
Cor da colônia	Branca	branca	branca ⁵ amarela ²	branca ⁵ amarela ¹	branca ⁷ amarela ⁷	branca
Forma da colônia	circular ⁶ puntiforme ¹	circular	circular	circular	circular ¹¹ puntiforme ³	circular
Produção de goma	Pouca	pouca ³ média ²	pouca ⁵ média ²	pouca ⁴ média ²	pouca ³ média ¹¹	pouca
Densidade	opaca ³ translúcida ⁴	translúcida	opaca ² translúcida ⁵	opaca ³ translúcida ³	opaca ⁷ translúcida ⁷	translúcida
Consistência	Viscosa	viscosa	viscosa	viscosa ⁴ coriácea ²	viscosa ⁸ coriácea ⁶	viscosa
Coalescência das colônias	pouca ⁶ média ¹	pouca ³ média ²	pouca ⁴ média ³	pouca ⁴ média ²	pouca ⁵ média ⁹	pouca média
Elevação da colônia	convexa ³ achatada ⁴	achatada	convexa ³ achatada ⁴	convexa ⁴ achatada ²	convexa ⁹ achatada ⁵	achatada
Grupos ^{3/}	7	5	7	6	14	2

^{1/}1 a 5 dias; ^{2/}6 a 10 dias; ^{3/} grupos de bactérias que se diferenciam em pelo menos uma das características fenotípicas avaliadas.* Número de grupos para cada característica.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Houve diferença entre os sistemas de manejo agrícola, destacando-se o sistema de Roça-no-toco e em pior condição o sistema Convencional de cultivo (Tabela 3). Estes resultados reforçam a assertiva de uso do sistema de plantio direto sob Aléias de leguminosas arbóreas como estratégia recuperadora da capacidade produtiva de áreas degradadas, após o declínio da agricultura itinerante de corte e queima ou revolvimento excessivo dos frágeis solos da região (FERRAZ JÚNIOR et al., 2006). Ainda segundo este autor, a Aléia estudada pode ser considerada imatura quanto ao potencial produtivo, porém foi capaz de proporcionar incremento da ordem de 80% na produtividade do caupi, em relação à área sob cultivo convencional. Esta produtividade média na Aléia foi superior à média do estado, cerca de 480 kg ha⁻¹ (IBGE, 2007). O sistema de Roça-no-toco confirma sua capacidade produtiva inicial (Produtividade.), devido aproveitamento dos nutrientes contidos na biomassa vegetal nativa após o uso do fogo e mineralização da matéria orgânica do solo (GEHRING, 2006), no entanto este resultado médio foi muito influenciado pela alta produtividade obtida no tratamento com N-mineral.

Tabela 3. Efeito geral do sistema de manejo para a nodulação, crescimento e produção de grãos de feijão caupi.

Áreas	NN ^{1/}	PSN ^{2/}	PSPA ^{3/}	PS-100grãos ^{4/}	Produtiv. ^{5/}
Cultivo conv.	10 b	41,9 c	2,17 b	18,45 b	243,7 c
Aléia	11 b	84,7 b	5,71 a	20,11 a	593,1 b
Roça-no-toco	21 a	162,4 a	4,85 a	18,63 b	1009,9 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna são iguais pelo teste de Scott-knott a 5% de confiança. ^{1/}número de nódulos por planta, ^{2/}peso seco de nódulos (mg planta⁻¹), ^{3/}peso seco de parte aérea (g planta⁻¹), ^{4/}peso seco de 100 grãos (g), ^{5/}produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Os parâmetros de nodulação, crescimento e produção de grãos foram influenciados pelos tratamentos, exceção feita para o peso seco de cem grãos (PS-100gr), (Tabela 4).

A maioria das estirpes estudadas foi eficiente para o incremento do peso seco de grãos, tanto quanto a testemunha com adubação nitrogenada. Exceto as estirpes BR-3301 e BR-3302 não aumentaram o peso seco de grãos, em relação à testemunha sem

nitrogênio. A menor nodulação do caupi foi verificada nas testemunhas sem inoculação, e apenas a estirpe BR-3302 fez parte deste grupo. Estudos de Hartwig (1998) mostram que o N mineral em grandes quantidades pode limitar a ação dos rizóbios enquanto que o mesmo nutriente em pequenas quantidades pode afetar a atividade simbiótica, fato comprovado também nos estudos de Campos & Gnatta (2006) que associam as dosagens extremas de N mineral à redução da nodulação, produção e fixação de N₂. Dentre as demais estirpes, consideradas eficientes para a nodulação, não houve diferença. Mesma tendência geral de comportamento verificada para o peso seco dos nódulos. Quanto ao PSPA, apenas as estirpes BR-3262 e BR-3299 induziram maior crescimento do caupi, em relação à testemunha sem N. A testemunha com N também fez parte deste grupo eficiente para o aumento do PSPA (Tabela 4).

A maior produtividade do caupi, independente do tipo de manejo adotado, foi verificada na testemunha com adubação nitrogenada, isto representou um incremento de aproximadamente 80% na produtividade de grãos, em relação à testemunha sem nitrogênio (Figura 1). Nenhuma das estirpes estudadas proporcionou produtividade igual ou superior à testemunha com nitrogênio, porém três destas cinco estirpes (BR-3262, BR-3267, BR-3302) foram superiores à testemunha sem adubação nitrogenada. Estes resultados sugerem que algumas das estirpes estudadas, a exemplo da BR-3262, podem ser promissoras para a utilização como inoculante do caupi no Centro-Norte Maranhense, obtendo-se aumentos de produtividade de até 45%. Estes resultados são muito importantes, já que o tratamento sem N é a situação de cultivo normalmente praticada no Estado, pois o uso de fertilizantes nitrogenados é inviável para a maioria dos agricultores da região, devido sua baixíssima capacidade financeira, além dos altos riscos de frustração da safra pela estiagem comum durante o ciclo da cultura.

Tabela 4. Efeito geral da inoculação para a nodulação, crescimento e peso de 100-grãos do feijão caupi.

Inoculação	NN ^{1/}	PSN ^{2/}	PSPA ^{3/}	PS-100grãos ^{4/}	Efr ^{5/}
BR-3262	15 a	112,8 a	4,39 a	19,1 a	98 a
BR-3267	17 a	108,4 a	3,97 b	19,4 a	95 a
BR-3299	20 a	142,7 a	5,38 a	18,9 a	108 a
BR-3301	16 a	137,7 a	3,57 b	18,9 a	79 b
BR-3302	11 b	54,9 b	3,53 b	19,3 a	79 b
T-Com N	8 b	39,8 b	5,01 a	19,5 a	100 a
T-Sem N	10 b	79,1 b	3,84 b	18,3 a	80 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna são iguais pelo teste de Scott-knott a 5% de confiança. ^{1/}número de nódulos por planta, ^{2/}peso seco de nódulos (mg planta⁻¹), ^{3/}peso seco de parte aérea (g planta⁻¹), ^{4/}peso seco de 100 grãos (g), ^{5/} eficiência relativa (%)

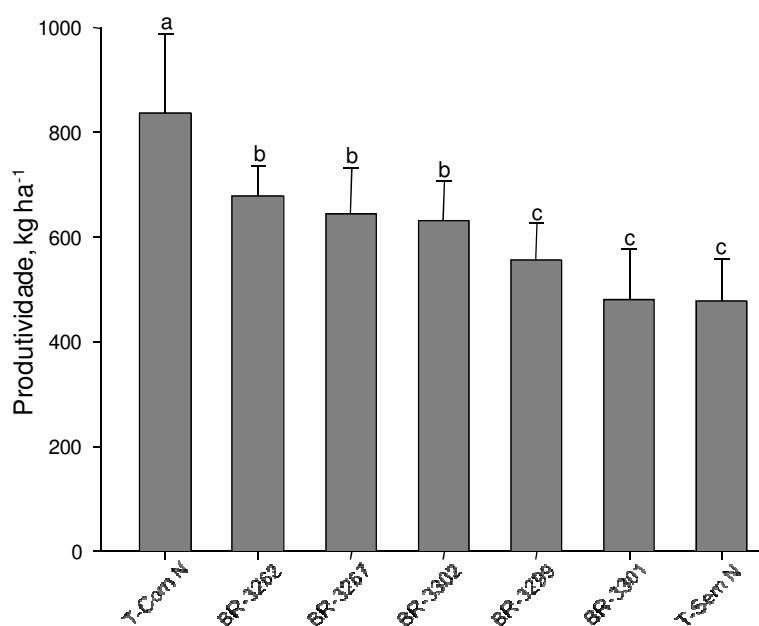


Figura 1. Produtividade de grãos do feijão caupi sob influência do tratamento de inoculação, independentemente do sistema de cultivo. T-Sem N= testemunha sem nitrogênio, T-Com N= testemunha com nitrogênio, BR- 3262, BR-3267, BR-3302, BR-3299 e BR-3301.= estirpes de rizóbio inoculadas. Média seguidas pela mesma letra são iguais pelo teste de Scott-Knott a 5%. Barras representam a média mais o erro padrão .

O comportamento do caupi, diante dos tratamentos de inoculação, também foi estudado individualmente nos três sistemas de manejo (Aléia, Cultivo convencional e Roça-no-toco). Verificou-se efeito do tratamento de inoculação para a maioria das variáveis estudadas, sendo a magnitude e o tipo de efeito relacionado ao sistema de manejo adotado (Tabelas 5 e 6 e Figura 2).

Quanto ao peso seco dos nódulos, a testemunha com nitrogênio não apresentou diferença estatística entre os sistemas de manejo, por se posicionar no grupo de menor peso de nódulos, corroborando com os estudos de Chalk (2000), o qual afirma que a FBN é rigidamente regulada pela disponibilidade ou falta de N-mineral no sistema, já que segundo Moreira (1994) a presença deste nutriente torna a assimilação de amônia mais eficiente que na simbiose. Na área de Aléia nenhum dos tratamentos inoculados aumentou o peso dos nódulos em relação à testemunha sem nitrogênio, pelo contrário, sob influência da estirpe BR-3302 houve redução nesta variável. Esta estirpe também reduziu o PSN na área de Roça-no-toco, em relação à testemunha sem nitrogênio. Nesta mesma área, em relação à testemunha sem nitrogênio, as estirpes BR-3299 e BR-3301 aumentaram o PSN, enquanto sob Cultivo convencional este efeito positivo foi verificado para quase todos os tratamentos inoculados, exceto a BR-3301.

Nos três sistemas de manejo estudados, as testemunhas não inoculadas se posicionaram dentre os tratamentos com menor número de nódulos. Já a inoculação induziu maior nodulação em várias situações, como verificado para as estirpes BR-3262 e BR-3301 na Aléia, BR-3267 e BR-3299 no Cultivo convencional e BR-3267, BR-3299 e BR-3301 na Roça-no-toco, em relação à testemunha sem nitrogênio. É importante ressaltar que nenhuma das estirpes foi eficiente em nodular o caupi consecutivamente nas três áreas estudadas, indicando efeito do manejo sobre o padrão de resposta destas estirpes.

As plantas de caupi oriundas da área cultivada sob o sistema de Roça-no-toco, apresentaram o maior valor médio de nodulação (21 nódulos), praticamente o dobro das demais áreas (11 nódulos). Esta tendência superior da Roça-no-toco também foi verificada para o peso seco dos nódulos. Apesar do número médio de nódulos diferir pouco entre a Aléia (11 nódulos) e o Cultivo convencional (10 nódulos), na Aléia o peso seco dos nódulos foi bem maior, quase o dobro.

Tabela 5. Número de nódulos (NN) e peso seco de nódulos (PSN) do feijão caupi inoculado com estirpes de rizóbio, sob manejo da área em esquema de Aléias, cultivo Convencional ou Roça-no-toco.

Tratam./ Inóculo	Nº Nódulos			PSN		
	Aléia	Conv.	R.toco	Aléia	Conv.	R.toco
	----- nódulos planta ⁻¹ -----			----- mg planta ⁻¹ -----		
BR-3262	16 Aa*	9 Bb	20 Ac	150,3 Aa	47,2 Ba	140,9 Ab
BR-3267	10 Bb	20 Aa	23 Ab	94,5 Ba	66,5 Ba	164,2 Ab
BR-3299	11 Bb	13 Ba	35 Aa	102,5 Ba	70,8 Ba	254,9 Aa
BR-3301	14 Ba	8 Bb	27 Ab	101,6 Ba	31,3 Cb	280,3 Aa
BR-3302	9 Ab	10 Ab	15 Ac	32,5 Bb	45,9 Ba	86,6 Ac
T-ComN ^{1/}	7 Ab	6 Ab	12 Ac	36,3 Ab	23,9 Ab	56,2 Ac
T-SemN ^{2/}	9 Bb	4 Cb	17 Ac	75,5 Ba	8,2 Cb	153,6 Ab

* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, são iguais pelo teste de Scott-Knott a 5% de confiança. ^{1/} testemunha não inoculada e sem adubação nitrogenada, ^{2/} testemunha não inoculada e adubada com nitrogênio.

O peso seco da parte aérea do caupi, determinado na época da floração (40 dias), variou pouco do ponto de vista do comportamento das estirpes estudadas. Verificou-se efeito de tratamento apenas para a área de Aléia. Nesta condição não houve diferença entre as testemunhas não inoculadas, as quais ficaram no grupo de maior efeito para o crescimento do caupi, acompanhadas apenas das estirpes BR-3267 e BR-3299 (Tabela 6).

Apenas para a área de cultivo em Aléias não foi verificado efeito de tratamento para o PS-100grãos. Nas outras duas áreas estudadas a testemunha sem nitrogênio complementar esteve dentre os tratamentos de menor peso médio de 100 grãos, enquanto, a testemunha com nitrogênio ficou no grupo oposto. Na área de Roça-no-toco duas das estirpes (BR-3302 e BR-3267) foram superiores à testemunha sem nitrogênio, compondo o grupo superior de PS-100grãos, ao lado da testemunha nitrogenada. Sob Cultivo convencional, todos os tratamentos inoculados foram superiores à testemunha Sem-N, porém, somente as estirpes BR-3262 e BR-3301 foram iguais à testemunha Com-N. Verificou-se também, tendência de maior média de PS-100grãos na área de Aléias que nas outras duas áreas, estudos de Fernandes et. al. (2003) mostram uma tendência de incremento da variável PS-100grãos nos tratamentos com inoculação, sobre o rendimento do tratamento testemunha nitrogenada.

Tabela 6. Peso seco da parte aérea (PSPA) do feijão caupi, peso seco de 100 grãos (PS-100grãos) e eficiência relativa (Efr) do feijão caupi inoculado com estirpes de *Bradyrhizobium*, sob manejo da área em esquema de Aléias, cultivo Convencional ou Roça-no-toco.

Tratam./ Inóculo	PSPA			PS-100grãos			Efr		
	Aléia	Conv.	R.toco	Aléia	Conv.	R.toco	Aléia	Conv.	R.toco
	----- g planta ⁻¹ -----			----- g 100grãos ⁻¹ -----			----- % -----		
BR-3262	4,8 Ab*	2,8 Ba	5,6 Aa	19,8 Aa	19,6 Aa	17,9 Ba	39 b	139 a	114 a
BR-3267	5,6 Aa	2,9 Aa	3,3 Aa	20,1 Aa	18,2 Bb	19,8 A a	69 b	149 a	67 a
BR-3299	8,7 Aa	2,2 Ca	5,2 Ba	20,4 Aa	18,4 Bb	18,1Ba	107 a	111 b	106 a
BR-3301	2,9 Bb	1,5 Ba	6,2 Aa	19,3 Aa	19,0 Aa	18,4 Aa	37 b	73 b	128 a
BR-3302	3,9 Ab	1,9 Ba	4,8 Aa	20,8 Aa	17,8 Cb	19,5 Ba	48 b	94 b	97 a
T-ComN ^{1/}	8,1 Aa	2,0 Ca	4,9 Ba	20,3 Aa	19,4 Aa	18,9 Aa	100 a	100 a	100 a
T-SemN ^{2/}	5,8 Aa	1,7 Ba	3,9 Aa	20,1 Aa	16,7 Bb	17,9 Ba	72 b	87 b	80 a

* Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, são iguais pelo teste de Scott-Knott a 5% de confiança. ^{1/} testemunha não inoculada e sem adubação nitrogenada, ^{2/} testemunha não inoculada e adubada com nitrogênio.

Sobre a variável eficiência relativa (Efr), no tratamento sistema em aléias somente a estirpe BR-3299 foi tão eficiente quanto à testemunha com N, formando o grupo superior (Tabela 6). Soares et. al. (2006) em estudo sobre eficiência de estirpes de rizóbio na absorção de nitrogênio no caupi em área sob cultivo convencional, encontrou maior eficiência da estirpe BR-3299 em condições de campo. Já na área de Roça-no-toco a estirpe BR-3262 obteve melhores resultados para o parâmetro eficiência relativa (Efr) formando grupo com a estirpe BR-3267. Em estudo sobre a eficiência de estirpes na região do semi-árido nordestino Rumjanek et. al (2006) verificou a eficiência da estirpe BR-3267 frente a um tratamento controle não inoculado, incluindo-a como inoculante recomendado para a cultura do feijão caupi cultivado em área de sequeiro. Os tratamentos da área de cultivo convencional não apresentaram diferenças significativas em relação às

testemunhas para este parâmetro, evidenciando a baixa eficiência das estirpes neste sistema de uso do solo.

Quanto à produtividade de grãos do caupi apenas sob Cultivo Convencional não foi verificado efeito dos tratamentos de inoculação estudados (Figura 2). Esta área também foi caracterizada pelas menores produtividades medias, seguida da Aléia e Roça-no-toco, respectivamente. As menores produtividades verificadas na área de cultivo convencional podem ter relação com a exposição do solo e à compactação devido a mecanização, a interrupção dos canais naturais dentro do solo os quais são essenciais para sua drenagem, a eliminação da fina camada orgânica superficial do solo, além do estresse hídrico. Estes são fatores negativos levantados por Moura (2004) e que podem justificar a menor produtividade na área de cultivo convencional.

Sob sistema de Aléias verificou-se dois comportamentos peculiares, pois, no primeiro caso, não houve diferença entre as testemunhas não inoculadas e, no segundo, a produtividade do caupi inoculado com a estirpe BR-3301 foi inferior à testemunha sem nitrogênio. Ainda neste sistema de cultivo, pelo menos dois dos tratamentos inoculados (BR-3302 e BR-3267) foram eficientes em aumentar a produtividade do caupi, em relação à testemunha sem N. Este benefício da inoculação induziu a valores de produtividade superiores a 800 kg ha^{-1} , contra 600 kg ha^{-1} da testemunha sem nitrogênio.

Quando os tratamentos foram estudados na área de Roça-no-toco todas as estirpes inoculadas foram capazes de aumentar a produtividade do caupi, em comparação à testemunha sem nitrogênio (Figura 2).

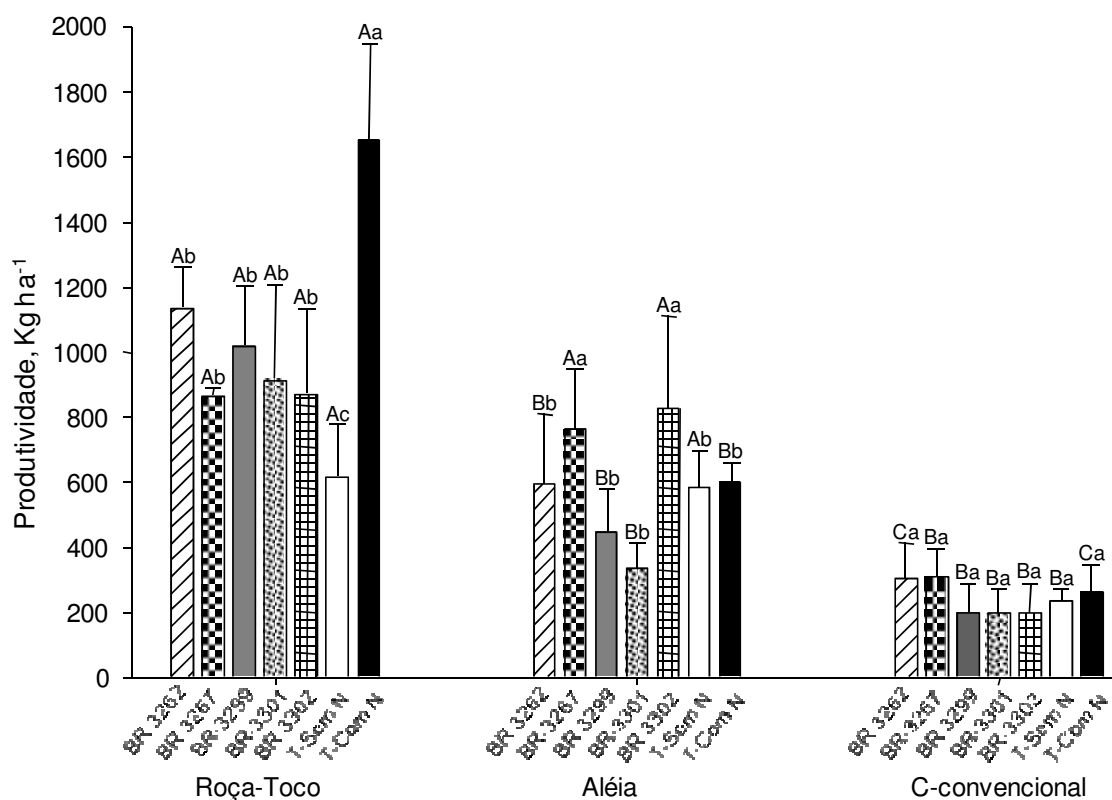


Figura 2. Produtividade do feijão caupi sob influência do tratamento de inoculação e sistema de cultivo. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula entre os sistemas de manejo para o mesmo tratamento de inoculação e minúscula entre os tratamentos de inoculação em cada sistema de manejo, são iguais pelo teste de Scott-Knott a 5%. T-Sem N= testemunha sem nitrogênio, T-Com N= testemunha com nitrogênio, BR-3262, BR-3267, BR-3299, BR-3301 e BR-3302 = estirpes de *Rhizobium* inoculadas. Barras representam a média mais o erro padrão.

Apesar das outras duas áreas (aléia e cultivo convencional) apresentarem um ligeiro predomínio de grupos fenotípicos de crescimento rápido, como demonstrado anteriormente na tabela 2 no sistema de roça-no-toco foi observado que o domínio dos grupos de crescimento rápido foi absoluto e isto pode ajudar a entender a melhor resposta do caupi à inoculação nesta área. Estudos têm verificado que o feijão caupi estabelece simbiose preferencialmente com grupos de bactéria de crescimento lento, a exemplo do gênero *Bradyrhizobium* (MELLONI et al, 2006), isto pode justificar o incremento da produção nesta área devido a inoculação com estirpes específicas para a cultura, corroborando os estudos de Saleena et. al. (2001) e Zilli et. al. (2004) que apontam as bactérias deste gênero como sendo as que estabelecem simbiose mais eficiente como o caupi. Outra justificativa destes resultados é a relação com aos teores de carbono

orgânico do solo, mais baixos sob Roça-no-toco (Tabela 1), o que pode ter interferido para o melhor efeito da inoculação nesta área, em comparação á área de Aléia, por exemplo, pois segundo Campos & Gnatta (2006) solos com maiores quantidades de matéria orgânica tendem a apresentam também maiores teores de N mineral disponíveis, o que diminui a eficiência das bactérias em fixar o N₂.

Alguns destes incrementos de produtividade em relação à testemunha, foram superiores a 80%, ou seja, mais de 500 kg ha⁻¹, a exemplo da estirpe BR-3262, seguida da BR-3299 que apresentaram resultados superiores ao dobro da produtividade média do Estado, cerca de 480 kg ha⁻¹ (IBGE, 2007). Em nenhum dos tratamentos inoculados foi obtido produtividade superior à da testemunha com adubação nitrogenada. A produtividade do caupi neste último tratamento (T-com N) foi superior a 1600 kg ha⁻¹ Contudo esta condição torna-se impraticável, devido à reduzida capacidade financeira da maioria dos agricultores do Maranhão, além deste sistema contribuir para o desequilíbrio das dimensões da sustentabilidade, uma vez que é concentrador de renda e fortemente excludente, porque sua viabilidade é extremamente dependente da escala de produção (FERRAZ JUNIOR et. al., 2006).

Apesar dos resultados obtidos com a inoculação, em relação à testemunha sem N há um potencial a ser atingido que é regido pelos valores da testemunha com N, necessitando de avanços na seleção de estirpes mais eficientes, contudo as estirpes já selecionadas têm o potencial de proporcionar produtividades do sistema tradicional de cultivo, que aqui é representado pela testemunha sem N no sistema Roça-no-toco. Por isso esta tecnologia de inoculação, aliada ao manejo dos sistemas produtivos, é imprescindível para fundamentar a sustentabilidade do meio rural, tendo em vista as limitações edafoclimáticas do estado do Maranhão, que estão diretamente ligadas à formação geológica, aliada ao uso indiscriminado dos agrossistemas e baixo poder aquisitivo dos produtores, inviabilizando a utilização eficiente das áreas de produção e a adoção de tecnologias avançadas de pronta resposta.

4 - CONCLUSÕES

- a. A inoculação do feijão caupi com estirpes específicas de rizóbio é capaz de influenciar positivamente a nodulação, crescimento e produtividade desta cultura na região Pré-Amazônica Maranhense.
- b. Os sistemas de manejo do solo adotados pelos agricultores familiares no Centro-norte maranhense influenciam a resposta do feijão caupi à inoculação com rizóbios específicos, com destaque positivo destas bactérias no sistema tradicional de cultivo na região, que envolve o corte-e-queima.
- c. A magnitude e o padrão de resposta do feijão caupi à inoculação estiveram associados à estirpe de rizóbio estudada e ao sistema de manejo praticado pelos agricultores familiares da região.
- d. O Sistema de cultivo convencional é o mais limitante para a resposta do caupi à inoculação e conseqüentemente à produtividade desta cultura no centro-norte Maranhense.

e. 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JR., A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO F. B.; VIANA, F. M.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA M. M.; CARDOSO, M. J. SILVA P. H. S. da; RIBEIRO, V. Q. Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). In: (org.) RIBEIRO, V. Q. **Sistemas de Produção 2**. EMBRAPA Meio-Norte. 2002, 110p.

CAMPOS, B.C. & GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:69-76, 2006.

CHALK, P. M. Integrated effects of mineral nutrition on legume performance. **Soil Biology and Biochemistry**. V.32, p.557-579, 2000.

CME- PIMES/ UFPE. Migrações Internas e Desigualdades Regionais no Desenvolvimento Brasileiro, **Relatório de Pesquisa n° 4**, Recife , setembro de 1978.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 412 p., 2006.

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

FERRAZ JUNIOR, A. S. L. O cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do trópico úmido. In: (Org) MOURA, E. G. **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. 2006, p. 71-100.

FORTES, J. L. O.; BALIERO, F. C.; FRANCO, A. A. Leguminosas arbóreas como agentes de recuperação de áreas degradadas. In: (Org) MOURA, E. G. **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. 2006, p.101-132.

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

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. F. Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R., ed. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível via Word Wide Web <http://www.cpatsa.embrapa.br>. ISBN 85-7405-001-6.

GEHRING, C. O ambiente do trópico úmido e o manejo sustentável dos agrossistemas. In: (Org) MOURA, E. G. **O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: Princípios e tecnologias**. 2006, p. 101-140. Série Agroecologia – Vol.II. UEMA. 2006.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M.; COSTA, D. B. Inoculation and mineral fertilization in cowpea: effects on nodulation, plant growth and yield. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.469-474, 2008

HARTWIG, U. A. The regulation of symbiotic N₂ fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 1, p. 92-120, 1998.

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994, 542p., il.

JACOMINE, K. T.; CAVALCANTI, A. C. ; PESSOA, S. C. P. ; BURGOS, N. ; MEDEIROS, L. A. R. ; LOPES, O. F. ; MELO FILHO, H. F. R. et. al.; Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. EMBRAPA. SNLCS. **Boletim de pesquisa, EMBRAPA – SNLCS/SUDENE – DRN**, 1986. Volume II, 964 p. Rio de Janeiro

LACERDA, A.M.; MOREIRA, F.M.S.; MAGALHÃES, F.M.M.; ANDRADE, M.J.B. de; SOARES, A.L. de E.L. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão caupi. **Revista Ceres**, v.51, p.67-82, 2004.

MELLONI, Rogério; MOREIRA, Fátima Maria de Sousa; NOBREGA, Rafaela Simão Abrahão e SIQUEIRA, José Oswaldo de. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2006, vol.30, n.2 [citado 2009-07-22], pp. 235-246.

MOURA, E. G.; VIEIRA, S. R.; CARVALHO, A. M. Avaliação da capacidade de aeração e de água disponível dos solos de duas transeções na baixada ocidental Maranhense. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, 16 (1); 7-18, 1992.

MOURA, E.G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva. In: (Ed.) MOURA, E.G. **Agroambientes de transição - entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. São Luís: Universidade Estadual de Maranhão, 2004. cap.1, p. 15-51.

MOREIRA, F.M.S.. Caracterização de estirpes de rizóbio isoladas de espécies florestais pertencentes a diversos grupos de diversos grupos de divergência de Leguminosae introduzidas ou nativas da Amazônia e Mata Atlântica. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1991. 152p. (**Tese de Doutorado**)

MOREIRA, F.M.S. Fixação Biológica do nitrogênio em espécies arbóreas. In: ARAUJO, R.S. & HUNGRIA, M., eds. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 1994. p.121-149.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**, Lavras, UFLA, 2006, 729p.

NASCIMENTO, C. S.; LIRA JUNIOR, M. A.; STAMFORD, N. P.; FREIRE, M. B. G. S.; SOUSA, C. A. Nodulação e produção do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, Abril. 2008.

RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; MORGADO, L.B. & NEVES, M.C.P. Feijão caupi tem uma nova estirpe de rizóbio, BR3267, recomendada como inoculante. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2006,16p. (EMBRAPA Agrobiologia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 15).

SALEENA, L. M.; LOGANATHAN, P.; RANGARAJAN, S; NAIR, S. Genetic diversity and relationship between Bradyrhizobium strains isolated from blackgram and cowpea. **Biology and Fertility of Soils**, v. 34, n. 4, p. 276-281, 2001.

SOARES, A. L. L.; FERREIRA, P. A. A.; PEREIRA, J. P. A. R.; VALE, H. M. M.; LIMA, A. S.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Agronomic efficiency of selected rhizobia strains and diversity of native nodulating populations in Perdões (MG - Brazil): I - cowpea. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 30, n. 5, Oct. 2006.

SILVA, A. C. da; MOURA, E. G. Atributos e especificidades de solos de baixada no trópico úmido. In: (Ed.) MOURA, E.G. **Agroambientes de transição - entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil**. São Luís: Universidade Estadual de Maranhão, 2006. cap.1, p. 15-51.

ZILLI, J. E.; VALISHESKI, R. R.; FREIRE, F. R.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Assessment of cowpea rhizobium diversity in Cerrado areas of Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 35, n. 4, p. 281-287, 2004.

Silva Junior, Edilson Máximo

Eficiência de rizóbios para feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) em áreas de agricultura familiar na Pré-Amazônia maranhense / Edilson Máximo Silva Junior. – São Luís, 2009.

48 f.:il.

Dissertação – Mestrado em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2009.

Orientador: Prof. José Geraldo Donizetti dos Santos

1.*Bradyrhizobium* 2.Fixação biológica de nitrogênio 3.Bactérias nodulíferas 4.Leguminosas 5.Aléia 6.Corte 7.Queima I. Título

CDU: 635.654.187.1(812.1)