



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ALDINEIDE DE JESUS PADILHA BATISTA

**COMUNIDADE NATIVA DE RIZÓBIOS E SUA INTERAÇÃO COM ESTIRPES
SELECIONADAS COMO INOCULANTES PARA LEGUMINOSAS NO
MARANHÃO**

São Luís

2019

ALDINEIDE DE JESUS PADILHA BATISTA

**COMUNIDADE NATIVA DE RIZÓBIOS E SUA INTERAÇÃO COM ESTIRPES
SELECIONADAS COMO INOCULANTES PARA LEGUMINOSAS NO
MARANHÃO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão em cumprimento as exigências das Normas Gerais do Ensino de Graduação, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Prof^a. Dra. Katia Pereira Coelho

São Luís

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**COMUNIDADE NATIVA DE RIZÓBIOS E SUA INTERAÇÃO COM ESTIRPES
SELECIONADAS COMO INOCULANTES PARA LEGUMINOSAS NO
MARANHÃO**

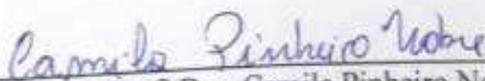
Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão em cumprimento as exigências das Normas Gerais do Ensino de Graduação, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica, submetida à aprovação da banca examinadora.

Aprovada em: 09/12/2019

BANCA EXAMINADORA



Profª Dra Katia Pereira Coelho (Orientadora)



Profª Dra Camila Pinheiro Nobre



Profª Dr Adriano Soares Rêgo

À minha mãe e minha filha que são a razão, o suporte e nunca me deixaram desistir dessa minha caminhada longa e árdua.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ser meu tudo e sempre me deu forças para eu não desistir principalmente em momento tão difíceis.

À minha mãe e ao mesmo tempo “pai” Rosineide do Rosário Padilha Batista que é um exemplo de superação em ter criado os seus 5 filhos sozinha zelando sempre pela educação, pelo amor incondicional, pelo carinho, pelos conselhos e ensinamentos, pela compreensão, pelos inúmeros momentos felizes, que me fizeram ser uma pessoa honesta e capaz de tomar decisões sérias. Ainda, agradeço o esforço em cuidar da minha filha durante o desenrolar do curso, onde as dificuldades foram inúmeras, mas com pulso firme foram contornadas e possibilitaram a realização de mais um sonho.

Aos meus irmãos, Aldeir Batista, Aldinéa Batista, Carlos Batista e Ronilda Batista pela força e incentivo que me deram durante minha vida acadêmica.

Ao meu sobrinho João Felype por me ajudar nos momentos que precisei.

À minha família Padilha Batista que sempre me apoiaram nas minhas decisões e acreditam na minha capacidade.

Ao meu esposo Julian Arias pelo companheirismo, por me entender e sempre esteve disponível para me ajudar quando eu mais precisei.

À minha filha Isabella Maria a verdadeira razão de eu prosseguir com o curso até o fim.

À minha orientadora, Dra. Kátia Pereira Coelho pela sua disposição, paciência, clareza e dedicação sempre disposta a atender minhas necessidades, para a realização deste trabalho.

Aos meus professores de graduação que marcaram essa longa caminhada de formação, Ronaldo Menezes, Thiago Anchieta, Ana Maria Araújo, Conceição e Josiane Guislem.

Ao PIBIC-UEMA pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos que sempre vou levar por toda minha vida, Cleude, Pedro, João Paulo, Hudson, pela amizade, companheirismo e por me incentivarem com seus conselhos.

Ao Rodrigo, Juliana, Karina e Gabriel pela ajuda que possibilitaram a realização deste estudo desde a implantação do experimento até a conclusão do mesmo.

Aos amigos e colegas de turma, Agronomia 2016.1 por tudo o que passamos juntos durante esses 5 anos.

À todos meu muito obrigada!

*“A vida é combate,
Que os fracos abate,
Que os fortes, os bravos
Só pode exaltar.”*

Gonçalves Dias

RESUMO

O Estado do Maranhão localiza-se na região do trópico úmido, é caracterizado pela deficiência de nitrogênio no solo. A maioria das espécies de leguminosas são capazes de fixar o nitrogênio através da simbiose com rizóbios. Em grande parte, o nitrogênio fixado pelas leguminosas fica retido na serapilheira, é incorporado à matéria orgânica do solo e aumenta no rendimento de grãos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência simbiótica de inoculantes recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e rizóbios nativos para leguminosas com potencial de utilização em sistemas agroflorestais e na produção de feijão-caupi no Maranhão. As leguminosas estudadas foram: Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). O experimento para leguminosas arbóreas foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado- DIC, esquema fatorial 2x3, 2 áreas diferentes e 3 tratamentos (1 - inoculação com estirpes de rizóbios recomendadas pelo MAPA, SEMIA 6168 e BR 8007; 2 - tratamento com fertilização química nitrogenada (60 kg/ha de N, na forma de uréia); 3- controle), para cada espécie de leguminosa, com quatro repetições cada. O experimento com feijão-caupi foi instalado em blocos casualizados com quatro tratamentos (1-inoculação com estirpe SEMIA 6462; 2- inoculação com estirpe SEMIA 6464; 3- adubação com 60 kg/ha de N; 4- testemunha) e 5 repetições. As estirpes inoculantes recomendadas pelo MAPA para as leguminosas avaliadas, com exceção do sombreiro, apresentaram baixa eficiência frente ao tratamento controle em de solos oriundos de Pedro do Rosário (MA). A nodulação na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) respondeu positivamente à inoculação com a estirpe SEMIA 6464 e SEMIA 6462, em solo de São Luís – MA e proporcionou melhor desenvolvimento vegetativo da planta e aumento nos parâmetros de produtividade, o que resulta positivamente na competição das estirpes frente a comunidade nativa do solo. O sombreiro obteve relativa eficiência com o tratamento inoculado, assim como o feijão-caupi que respondeu positivamente com ambas as estirpes recomendadas pelo MAPA.

Palavras-chave: FBN, eficiência, inoculação

ABSTRACT

The state of Maranhão is located in the humid tropic region, is characterized by nitrogen deficiency in the soil. Most legume species are able to fix nitrogen through symbiosis with rhizobia. Nitrogen fixed by legumes is largely trapped in the litter, incorporated into soil organic matter, and increased in grain yield. The objective of this research was to evaluate the symbiotic efficiency of inoculants recommended by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) and native rhizobia for legumes with potential use in agroforestry systems and production in Maranhão. The legumes studied were: Gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) and Sombrero (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) and Cowpea (*Vigna unguiculata*). The experiment for tree legumes was conducted in a completely randomized design - DIC, 2x3 factorial scheme, 2 different areas and 3 treatments (1 - inoculation with rhizobia strains recommended by MAPA, SEMIA 6168 and BR 8007; 2 - treatment with nitrogen chemical fertilization (60 kg / ha of N in the form of urea); 3 - control) for each legume species, with four replications each. The cowpea experiment was randomized blocks with four treatments (1-inoculation with strain SEMIA 6462; 2-inoculation with strain SEMIA 6464; 3- fertilization with 60 kg / ha of N; 4-control) and 5 replications. The inoculant strains recommended by MAPA for the evaluated legumes, except for the shade, showed low efficiency compared to the control treatment in Pedro do Rosário (MA) soils. The nodulation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) culture responded positively to inoculation with strain SEMIA 6464 and SEMIA 6462, in soil of São Luís - MA and provided better vegetative development of the plant and increase in yield parameters, which resulted positively. in the competition of strains against the native soil community. The sombrero used relatively efficiently with the inoculated treatment, such as cowpea, which responds positively with the companies as recommendations recommended by MAPA.

Keyword: FBN, efficiency, inoculation

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resultados da análise química do solo na profundidade de 0-20 cm das áreas experimentais, no Município de Pedro do Rosário-MA.....22
- Tabela 2.** Resultados da análise química do solo na profundidade de 0-20 cm em São Luís-MA.....25
- Tabela 3:** Valores médios de Altura da planta (ALT), Diâmetro do colo planta (DC), Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) e Eficiência relativa (EFR) obtidos no experimento em vasos de polietileno, utilizando sombreiro, gliricídia, leucena e bordão de velho.....29
- Tabela 4:** Valores médios de massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta (ANPA), obtidos no experimento em vasos de polietileno, utilizando sombreiro, gliricídia, leucena e bordão-de-velho.....32
- Tabela 5:** Parâmetros de desenvolvimento do feijão-caupi cultivado em São Luís – Ma.....34
- Tabela 6:** Parâmetros de produtividade do feijão-caupi cultivado em São Luís-Ma.....36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Processo de simbiose de bactérias do gênero *Rhizobium* em leguminosas a) típica deformação do pêlo radicular; b) pêlo radicular com a multiplicação do rizóbio; c) pêlo radicular infectado com rizóbios.....14
- Figura 2:** A) Coleta de solo das áreas experimentais de Pedro do Rosário para análise química; B- E) Adubação com calcário e gesso nas áreas.....22
- Figura 3:** Experimento com leguminosas arbóreas.....23
- Figura 4:** Precipitação pluvial, temperatura e umidade entre os meses de Julho à outubro em São Luís-MA.....25
- Figura 5:** Instalação e condução de experimento com feijão-caupi A) adubação e plantio do feijão-caupi, de acordo com os tratamentos; B) desenvolvimento da cultura e tratos culturais; C) Feijão-caupi em estado reprodutivo.....26

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 Fixação Biológica de Nitrogênio em leguminosas..... | 12 |
| 2.2 Leguminosas arbóreas para a agricultura e restauração de áreas degradadas no Maranhão..... | 14 |
| 2.3 O Feijão-caupi e a Fixação Biológica de Nitrogênio..... | 16 |
| 2.4 Inoculantes e inoculação de estirpes de rizóbios recomendadas para leguminosas | 17 |
| 2.5 Fatores que afetam a FBN por meio da inoculação com as estirpes de rizóbios | 18 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 3.1 Experimento com leguminosas arbóreas..... | 20 |
| 3.1.1 Inoculação das sementes | 23 |
| 3.1.2 Condução do experimento..... | 23 |
| 3.1.3 Nodulação e desenvolvimento das leguminosas arbóreas..... | 23 |
| 3.2 Experimento com feijão-caupi | 24 |
| 3.2.1 Variáveis analisadas para nodulação e produtividade | 26 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 4.1 Desenvolvimento das Leguminosas arbóreas..... | 27 |
| 4.1.1 Parâmetros para a nodulação | 29 |
| 4.2 Feijão-caupi | 32 |
| 4.2.1 Desenvolvimento e nodulação | 32 |
| 4.2.2 Produtividade do feijão-caupi | 33 |
| 5 CONCLUSÕES | 35 |
| REFERÊNCIAS | 36 |

1 INTRODUÇÃO

A maioria das espécies leguminosas são capazes de fixar o nitrogênio através da simbiose com rizóbios (PONS et al., 2007). Em grande parte, o nitrogênio fixado pelas leguminosas fica retido na serapilheira e é incorporado à matéria orgânica do solo (KNOPS et al., 2002). Essas leguminosas possuem as folhas ricas em nitrogênio que são decompostas rapidamente ao caírem no solo (BOUILLET et al., 2008). Essa rápida decomposição da serapilheira com alto teor de nitrogênio, estimula a atividade microbiana e aumenta a liberação de formas assimiláveis de N no solo, tornando-o disponível para outras plantas (FORNARA et al., 2009).

O Estado do Maranhão encontra-se na região do trópico úmido, essa região é caracterizada pela deficiência de nitrogênio no solo. O nitrogênio é altamente limitante para as plantas, sobretudo em solos ácidos. Essa deficiência é ocasionada pelas condições edafoclimáticas, ou seja, da combinação de solos derivados de rochas sedimentares, precipitações e altas temperaturas típicas do trópico úmido. A combinação desses fatores torna os solos mais pobres, devido a uma rápida decomposição da matéria orgânica e perdas de nitrogênio por lixiviação, escoamento superficial e desnitrificação (AGUIAR et al., 2010).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é o processo realizado por microrganismos denominados diazotróficos, que convertem o nitrogênio atmosférico em uma forma disponível (amônia) para as plantas e outros seres vivos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; HUNGRIA e CAMPOS, 2005). Um caso típico desta associação é a simbiose entre leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorizhobium*, *Photorizhobium*, *Sinorizhobium* (TAIZ; ZIEGER, 2004).

Como exemplo dessas leguminosas temos a que é Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) é uma leguminosa perene de crescimento rápido e originária do México e o sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) é uma planta rústica, de rápido crescimento, bastante utilizada na arborização urbana e rural, principalmente nas regiões sudoeste e norte do Brasil (TREVISAN et al., 2004) e essencial na reconstituição de áreas degradadas e nos reflorestamentos heterogêneos (LORENZI, 2002). Outra leguminosa eficiente no processo de FBN é o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) essa leguminosa é originária da África e fora introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses, no século XVI no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 2006). O feijão-caupi apresenta-se como componente básico da dieta alimentar do ser humano, sendo uma importante fonte de nutrientes, com destaque para proteínas e minerais. Também conhecido como feijão de corda, o feijão-caupi é apontado por alguns autores, a exemplo de Locatelli et al. (2014), como uma das principais alternativas

socioeconômicas para as populações rurais. Tem sua produção concentrada na agricultura familiar e pelo setor empresarial rural. Sendo bastante explorada pelo mercado interno de grãos secos, vagens verdes e mercado de sementes. O principal país produtor do caupi é a Nigéria que responde por 47% da produção mundial. Em seguida vem o Níger, com 23% do volume total médio e em terceiro Burkina Faso com 9%. As três nações respondem por 79% da produção mundial de feijão caupi seco (SEAB, 2014).

Em virtude do exposto a hipótese deste trabalho é que as estirpes de rizóbios recomendadas como inoculantes pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para as leguminosas arbóreas, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. e *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard e para o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresentam maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio que a comunidade nativa de rizóbios de solos do Maranhão. E o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência simbiótica de inoculantes recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para leguminosas com potencial de utilização em sistemas agroflorestais e na produção de feijão-caupi no Maranhão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fixação Biológica de Nitrogênio em leguminosas

O nitrogênio é o macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas, geralmente utiliza-se adubos químicos nitrogenados para fornecê-lo às plantas. A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é um dos processos naturais mais importantes do planeta, assim como a fotossíntese. Esse nutriente é fundamental para o crescimento das plantas além de ser um importante componente de muitas moléculas biológicas. A atmosfera é rica em nitrogênio, porém esse macronutriente está indisponível para maioria dos seres vivos, pois apresenta-se na forma gasosa (N_2) e poucos organismos conseguem quebrar estas moléculas. Através da relação simbiótica com os rizóbios do solo, essa limitação é superada pelas leguminosas (REID et al., 2011).

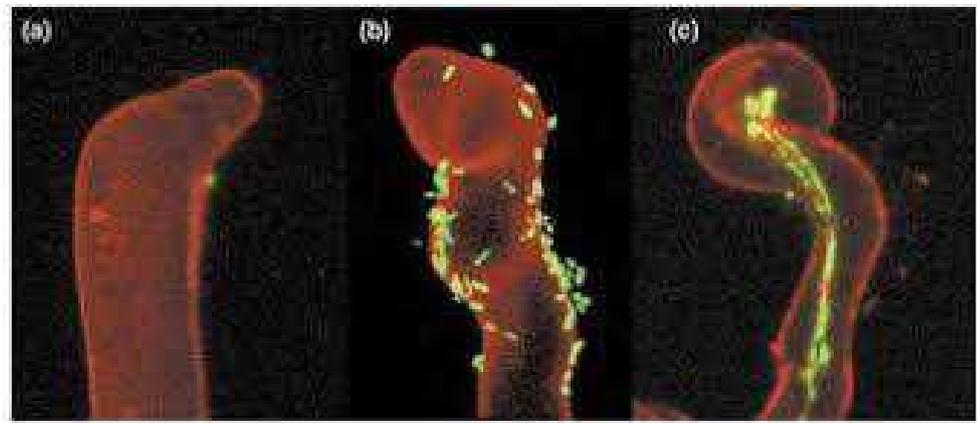
A fixação do N ocorre por bactérias presentes no solo ou adicionadas às sementes por meio da inoculação. A infecção das bactérias nas leguminosas ocorre por meio das raízes, as bactérias entram em contato com as raízes, estimulam a formação de nódulos onde ficam alojadas, dentro desses nódulos ocorre o aproveitamento do nitrogênio (EMBRAPA, 2016). A penetração pode ocorrer por meio de aberturas naturais, estômatos nectários e lenticelas, ou através de injúrias e feridas (Reis; Olivares, 2006). Depois da penetração da bactéria na planta, também chamada de infecção, ocorrem divisões celulares mitóticas que termina na

formação dos nódulos. Para que ocorra a FBN, há uma série de processos que iniciam da adaptação da bactéria com uma determinada leguminosa hospedeira e termina na fixação do N_2 atmosférico (Fagan et al., 2007).

Araújo e Carvalho, (2006) afirmam que através da nitrogenase que é uma enzima produzida pelas bactérias, ocorre a quebra da tripla ligação do N_2 , esse processo ocorre dentro dos nódulos. Bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* e demais gêneros nodulíferos e fixadores de nitrogênio fazem a conversão do N_2 atmosférico em amônia, onde é incorporada em forma de N orgânico de uma forma assimilável pelas leguminosas (Figura 1).

Figueiredo (2007) listou alguns fatores bióticos ou abióticos que podem interferir na FBN, como exemplo de fatores bióticos: o tipo de inóculo e a via de inoculação. Quanto aos fatores abióticos podem ser destacados: “a acidez do solo, toxidez de alumínio, salinidade e baixa fertilidade do solo, disponibilidade de N mineral, deficiência de nutrientes como fósforo e molibdênio, altas temperaturas no solo, luminosidade e baixa precipitação pluviométrica”.

Figura 1: Processo de simbiose de bactérias do gênero *Rhizobium* em leguminosas a) típica deformação do pêlo radicular; b) pêlo radicular com a multiplicação do rizóbio; c) pêlo radicular infectado com rizóbio



Fonte: adaptado de Limpens e Bisseling (2003)

Conforme a Embrapa (2017), as vantagens da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) são:

- O menor uso de adubos nitrogenados, que resulta em economia para o produtor;
- A característica de contribuir para o auto fornecimento do nitrogênio utilizado para a formação da planta minimiza os impactos do nitrogênio sobre o meio ambiente;
- O uso de leguminosas como adubos verdes eficientes para FBN fornece nitrogênio para o solo e melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas;

- Aumento de produtividade, especialmente em solos deficientes em nitrogênio disponível.

Figueiredo (2007) listou alguns fatores bióticos ou abióticos que podem interferir na FBN, como exemplo de fatores bióticos temos: o tipo de inóculo e a via de inoculação. Quanto aos fatores abióticos podem ser destacados: a acidez do solo, toxidez de alumínio, salinidade e baixa fertilidade do solo, disponibilidade de N mineral, deficiência de nutrientes como fósforo e molibdênio, altas temperaturas no solo, luminosidade e baixa precipitação pluviométrica.

Um bom manejo da FBN é capaz de suprir a demanda do nitrogênio pelas culturas de forma parcial ou total. A inoculação com estirpes de rizóbios selecionadas é uma biotecnologia de baixo custo, principalmente para o pequeno produtor, que possui preço acessível, não polui o meio ambiente e capaz de reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados. O papel desse serviço ambiental é relevante para sistemas agrícolas desenvolvidos com a condição de aumentar a ecoeficiência dos recursos naturais e obtenção de alimentos de melhor qualidade (SOUSA; MOREIRA, 2011).

2.2 Leguminosas arbóreas para a agricultura e restauração de áreas degradadas no Maranhão

A família Leguminosae é considerada a terceira maior família de Angiospermae e compreende cerca de 730 gêneros e quase 20 mil espécies (LEWIS et al., 2005). É a maior família botânica do Brasil com aproximadamente 3 mil espécies agrupadas em mais de 200 gêneros, está distribuída por quase todas as vegetações e se encontra na maioria das regiões brasileiras (LIMA, 2000; BFG, 2015).

As leguminosas arbóreas aqui estudadas, por possuírem características peculiares são utilizadas para diversos fins, como a *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. que possui crescimento rápido além de enraizamento profundo, o que faz com que a planta tenha alta tolerância a déficit hídrico, permanecendo verde a maior parte do ano. Possui ampla distribuição ecológica e é considerada espécie de diversos usos como: na produção de forragem, no reflorestamento, na adubação verde, cercas vivas, entre outros (FLORENTINO, 2014). Palheta et al., (2002) afirmam que a gliricídia é uma leguminosa indicada como uma ótima componente agroflorestal para áreas degradadas por pastagens, além de serem tolerantes a solos ácidos e pobres, terem altas produção de biomassa e suportam várias podas anuais.

O sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) é uma espécie rústica, de crescimento rápido, é bastante usada em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, também atua como adubo verde, pois tem alta capacidade para nodulação e fixação do

nitrogênio (COSTA et al., 2014). Entre as espécies arbóreas nativas da Amazônia, o ombreiro ou palheteira, é utilizada principalmente na arborização urbana, recuperação de áreas degradadas além de uso medicinal e farmacêutico, uma vez que apresentam atividades antinociceptivas, anti-inflamatórias e antioxidantes (SILVA et al., 2017).

As áreas degradadas no Brasil são originadas para diversos fins como na urbanização, agricultura, mineração, exploração madeireiras e pastagens (CABRAL, 2002). Na região da Pré-Amazônia Maranhense a agricultura de “corte e queima” substituiu a cobertura florestal por monocultivos e pastagens. Esse processo de substituição da floresta primária em pasto ou áreas agrícolas contribuiu para a degradação das áreas, perda de nutrientes e o processo de ciclagem dos nutrientes é alterado bem como mudanças químicas, físicas e microclimáticas do solo (FREITAS et al., 2009).

Para a recuperação dessas áreas, o uso de leguminosas torna-se uma técnica viável para acelerar o processo de recuperação natural do ecossistema (RESENDE et al., 2013). Segundo Ferraz Junior. (2006), as leguminosas arbóreas tem grande potencial para recuperação de áreas degradadas, destacando-se benefícios como: maior resiliência aos sistemas, por apresentar sistema radicular profundo o que proporciona melhor ciclagem dos nutrientes, rápido crescimento, tolerância à acidez e às mudanças de temperaturas e a simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio.

Devido a sua capacidade de incorporação de nitrogênio, a utilização de espécies leguminosas para a melhoria do solo tanto na agricultura como na silvicultura, torna essas plantas favoráveis para recuperação de áreas degradadas (EMBRAPA, 2011). Machado et al., (2012) realizados asseguram que o ingresso de leguminosas arbóreas em sistemas agroflorestais e silvipastoris por meio da manutenção e restauração da fertilidade do solo, combate à desertificação, erosão e pode aumentar a sustentabilidade agrícola.

Em virtude da grande produção de biomassa das leguminosas, por unidade de área, essas plantas são essenciais para a adubação verde, possuindo um sistema radicular profundo e bem ramificado que leva a mobilização de nutrientes para camadas mais profundas do solo (DABNEY et al., 2001; SNAPP et al., 2005). A adubação verde também propicia maiores teores de matéria orgânica com menores temperaturas e alta umidade, favorecendo os processos microbiológicos do solo (COLLOZI-FILHO et al., 1999; WUTKE et al., 2009), essas medidas reduzem o custo de produção, exonerando de forma parcial ou total o uso de adubos nitrogenados industriais.

Técnicas como sistema de pousio e de adubação verde com o uso de leguminosas são viáveis para o fornecimento de altos níveis de nitrogênio no solo, importante para a nutrição

das plantas sem gerar riscos de eutrofização, como os fertilizantes solúveis. Aliado a isto, na pecuária o uso das leguminosas arbóreas proporciona melhor conforto térmico, por meio do sombreamento das árvores, produção de forragem, benefício ecológico e a combinação desses fatores possibilita ganhos na produção animal (FRANCO et al., 2003).

2.3 O Feijão-caupi e a Fixação Biológica de Nitrogênio

A produção de feijão-caupi no Brasil ocorre especialmente em primeira e segunda safra nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Além de sua importância alimentar, o feijão-caupi tem alto potencial para uso na adubação verde, pois apresenta características como: o rápido crescimento inicial, a produção de biomassa, o acúmulo de nitrogênio na parte aérea, uma fácil adaptação, possibilidade de uso para alimentação animal além do elevado potencial de fixação biológica de nitrogênio (DE SOUSA, 2018).

Entre as leguminosas utilizadas na alimentação humana e animal, produzidas no Maranhão, o feijão-caupi é a leguminosa que possui mais estudos sobre a biotecnologia de inoculação com rizóbios selecionados, o que não significa que esses estudos sejam suficientes. Essa cultura é a mais escolhida pelos pesquisadores devido sua grande importância na geração de empregos para a população de baixa renda e na nutrição humana e animal.

No Maranhão, o feijão-caupi é produzido em todo o estado, principalmente por agricultores familiares, em sistemas de produção com baixa produtividade (510 kg ha⁻¹) (FREIRE FILHO et al., 2005; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015).

A FBN é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi, que quando bem nodulado, pode crescer independente de outras fontes de N e atingir altos níveis de produtividade (SOARES et al., 2006; ALMEIDA et al., 2010; COSTA et al., 2011). Entretanto, a nodulação e a FBN são influenciadas por diversos fatores edafoclimáticos, dentre os quais se destaca a disponibilidade de nutrientes (GUALTER et al., 2008; BONILLA; BOLAÑOS, 2009; SILVA et al., 2010).

Apesar de haver estirpes de rizóbios, liberadas pelo o MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011) para ser usadas como inoculantes, a eficiência dessas estirpes pode ser interferida por fatores edafoclimáticos no ambiente em que a cultura está cultivada, da cultivar a ser utilizada e não menos importante da competição com os rizóbios nativos do solo (COSTA et al., 2016). No entanto, a seleção de novas estirpes de rizóbios se faz necessária para otimização dessa biotecnologia para as diferentes regiões do país. Muitas vezes os rizóbios não são eficientes para fixar o nitrogênio e competir com as

bactérias nativas, e isso justifica os estudos para as diversas regiões brasileiras, a exemplo o Maranhão.

2.4 Inoculantes e inoculação de estirpes de rizóbios recomendadas para leguminosas

A biotecnologia de inoculação com estirpes de rizóbios selecionadas para as leguminosas é um avanço diante da crescente demanda do homem pelos recursos naturais. Para as reabilitações de ambientes degradados uma alternativa ecológica e econômica é a interação de microrganismos e plantas. Bactérias fixadoras de N e fungos micorrízicos, tornam as plantas mais resistentes e contribuem para a revegetação dessas áreas (MOURÃO et al., 2011).

Estudos acerca das bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas de leguminosas (BFNNL) que fazem simbiose com leguminosas vem aumentando nos últimos anos a elevadas taxas (LINDSTRO et al., 2010). Coelho (2010) afirma que no Maranhão não existem estudos de comunidades nativas de bactérias que fazem simbiose com leguminosas.

Na aquisição dessas estirpes capazes de nodular, são necessárias que passem por uma seleção que inclui várias fases como: observação da capacidade de nodulação apresentada pela espécie; coleta dos nódulos e o isolamento das bactérias presentes nesses nódulos; isolamento das bactérias; purificação das colônias; e a seleção das estirpes mais eficientes na FBN em vasos com substrato esterilizado e vasos com substrato não esterilizado (FARIA & FRANCO, 2002). Para que a inoculação seja bem eficiente, a estirpe deve apresentar alta eficiência simbiótica, competitividade com a população das bactérias nativas e capacidade de sobrevivência no solo (BROCKWELL, 1981).

O inoculante é um material que possui os microrganismos que auxiliam no desenvolvimento da planta, para cada espécie de leguminosa existe um inoculante específico, ou seja, um tipo de inoculante não pode ser utilizado para diversas leguminosas. As vantagens do uso dessa biotecnologia são diversas como: melhora na qualidade do solo, diminuição no uso de adubos nitrogenados, menor custo de produção, maior produtividade, produto natural e sem poluição do meio ambiente (PAVAN; MOREIRA FILHO, 1998; EMBRAPA, 2008).

Algumas estirpes não conseguem competir com a população nativa do solo, quanto maior essa população nativa menor é o sucesso das estirpes inoculantes (THIES et al., 1991). Comumente vem sendo observado que mesmo aquelas estirpes reconhecidas como eficientes na atividade da FBN, não conseguem boa nodulação pela incapacidade de competição com a microbiota nativa presente no solo. Assim, quando a estirpe é introduzida em um solo com uma comunidade nativa de rizóbios, sua eficiência pode ser prejudicada devido a sua falta de

competitividade e adaptabilidade às condições ambientais daquele local (NEVES; RUMJANEK, 1997).

Lindstro et al (2010), afirmam que a adaptabilidade dos rizóbios nativos em ambientes locais, representa uma boa vantagem para a seleção de estirpes novas como inoculantes. Leguminosas nativas possuem um potencial de ser fontes para diversas populações de bactérias nativas (LIU et al.,2007). Todavia essas populações nativas de estirpes nem sempre possuem uma boa eficiência, só algumas são incluídas em teste de eficiência agrônômica (LIMA et al., 2005).

2.5 Fatores que afetam a FBN por meio da inoculação com as estirpes de rizóbios

A biodiversidade do solo é responsável pela estabilidade dos ecossistemas além da resiliência, está ligada de forma direta e indireta a processos de formação do solo, ciclagem e armazenamento de nutrientes. A diversidade das espécies contidas no solo pode ser medida pela riqueza de espécies, baseada no total de espécies presentes e na uniformidade, baseada na abundância de espécies e no grau (SANTOS et al.,2007). A capacidade de sobrevivência, a eficiência simbiótica, além da habilidade competitiva são características desejáveis em estirpes de rizóbios recomendadas para inoculação em leguminosas (FERNANDES et al., 2003)

A combinação de fatores bióticos e abióticos, junto aos fatores ambientais vai determinar o sucesso da inoculação de estirpes de rizóbios em leguminosas e uma boa FBN. É necessário que se tenha conhecimento dos tipos de microrganismos que serão introduzidos, sua capacidade competitiva com os microrganismos nativos e sua adaptabilidade com as condições do ambiente. A eficácia das bactérias diazotróficas também depende dos fatores genéticos em interação com os fatores ambientais (HUNGRIA; VARGAS, 2000; DEKA et al., 2006). A FBN pode ser reduzida pela influência negativa dos fatores ambientais, logo reduz o rendimento das plantas e acarreta em perdas parciais ou até total do investimento em insumos e trabalhos realizados (CHAGAS JUNIOR, 2007).

Fatores intrínsecos e extrínsecos às bactérias, como: clima, solo, os microrganismos nativos do solo e até mesmo a leguminosa hospedeira interferem na eficiência simbiótica (HOWIESON; BALLARD, 2005).

Dentre os fatores bióticos mais importantes a se considerar são: a via de inoculação e o tipo de inóculo a ser usado (BROCKWELL et al., 1988); a seleção da cultivar que deve ser apropriada o que afeta diretamente na entrada do N nos sistema agrícola (WANI et al., 1995); o controle de pragas e doenças que afetam no potencial e no vigor de crescimento da planta

(JOHNSTONE; BARBETTI, 1987); a competitividade, sobrevivência e interação dos rizóbios no solo (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999).

A nodulação e a sobrevivência do rizóbios são correlacionadas com a disputa por substrato de carbono, com a produção de antibióticos, de sideróforos ou tipos de substâncias que estimulam o crescimento vegetal (RUMJANEK et al., 1995). O estabelecimento e a sobrevivência das bactérias no solo são fundamentais para que o microrganismo interaja com a planta. Portanto, é importante que as bactérias se difundam pela raiz e não percam a capacidade de sobrevivência e multiplicação de maneira competitiva em relação à comunidade nativa existente no solo (BENIZRI et al., 2001). Na competitividade as estirpes atuam em diferentes estádios de nodulação: competem no solo, na ocupação dos sítios de infecção e quando penetram nas raízes promovem o desenvolvimento dos nódulos (FIGUEIREIDO et al., 2008).

Quanto aos fatores abióticos que intervêm na eficiência simbiótica e na nodulação dos rizóbios estão: o pH do solo, a temperatura, a deficiência de determinados nutrientes, metais pesados, a luminosidade e estresse hídrico e o osmótico (FIGUEIREIDO et al., 2008) .

A faixa de pH entre 4,9 e 8,1 é a ideal para a nodulação dos rizóbios (MELO, 2009). O crescimento bacteriano é favorável quando o pH está neutro ou levemente alcalino. Segundo Coelho (2010), o pH neutro favorece a maior exsudação de carbono por meio das raízes, vindo a interferir na competição e sobrevivência das bactérias. A acidez do solo afeta no crescimento dos rizóbios (HARA e OLIVEIRA,2005). De acordo com Figueireido et al. (2008), isso acontece devido aos aspectos nutricionais ao excesso de manganês e alumínio, e menor teor de fósforo, cálcio e magnésio.

A temperatura influencia no estabelecimento da associação dos rizóbios, pode afetar na eficiência da fixação biológica do nitrogênio, além da manutenção dos nódulos nos estágios mais avançados, mesmo com as plantas já noduladas. A luminosidade desempenha efeito direto na nodulação, principalmente pelo fato da modificação na permeabilidade da membrana do pêlo radicular, onde é controlado pelo fitocromo, o processo de infecção pela bactéria pode ser inibido (FERNANDES et al., 2008). Apesar disso, a exposição das raízes à luminosidade ocorre a formação de biossíntese de etileno e resulta em composição de pontes citoplasmáticas, vindo a inibir a nodulação das raízes (VAN SPRONSEN et al., 2001). Um dos responsáveis pela nodulação de leguminosas, e o controle dessa nodulação é o etileno, esse composto pode vir a inibir o aumento no número de nódulos (OKASAKI et al., 2004).

No período de déficit hídrico associado às flutuações osmóticas ocasionam redução da sobrevivência e no crescimento dos rizóbios no solo (SAXENA E REWARI, 1992).

Segundo Freitas et al (2007), a maioria das plantas não toleram os solos salinos, devido a ter teores muito baixos de nitrogênio, prejudicando o desenvolvimento das plantas a exemplo das leguminosas. A salinidade provoca redução do potencial hídrico do solo e interfere diretamente no desenvolvimento das leguminosas (NÓBREGA et al., 2004). Já o efeito prejudicial dos sais sobre as bactérias é relacionado particularmente aos efeitos da concentração do íon Na^+ específico e, em menor escala, ao efeito osmótico (ELSHEIKH, 1998). As bactérias toleram diferentes níveis de salinidade, algumas são inibidas na concentração de 100 mM e outras chegam a tolerar até 500 mM de NaCl (GRAHAM, 1992). O excesso de umidade é outro fator que dificulta a nodulação, uma vez que o nitrato redutase e a glutamina sintetase enzimas-chave na assimilação de amônia e na redução de nitrato induzem o balanço de nitrogênio e são afetadas quando ocorre esse tipo de estresse (CHUNG-TA LIAO, 2001)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento com leguminosas arbóreas

O experimento foi conduzido no Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural, do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão, em casa de vegetação. Para a condução do experimento, foram selecionadas duas áreas com diferentes uso do solo, na comunidade Quineira situada no município de Pedro do Rosário-MA, nas coordenadas geográficas 02°58'12" S e 45°20'24" W, o clima da região é classificado, segundo Köppen como Aw, essas áreas foram designadas de área 1 e área 2. A área 1 é uma área de roça no toco, antes consistia em área de capoeira com cerca de 10 anos, atualmente está sendo SAF (Sistema Agroflorestal) em implantação. Já na área 2 é uma área de pastagem degradada.

Foi feita uma coleta e amostragem de solo (Figura 2), onde foram obtidas amostras compostas, resultante da retirada e homogeneização de seis amostras simples, na profundidade 0-20 cm, posteriormente enviadas ao laboratório de análise química e física do solo, situado na Universidade Estadual do Maranhão. Resultados da análise na Tabela 1 e Quadro 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo na profundidade de 0-20 cm das áreas experimentais, no Município de Pedro do Rosário-MA

| Áreas | M.O | pH | P | K | Ca | Mg | SB | H+Al | CTC | V% |
|------------------|--------------------|-------------------|-----|-----|------|------------------------|------|------|------|------|
| | g dm ⁻³ | CaCl ₂ | | | | mmolc dm ⁻³ | | | | % |
| Área 1 (SAF) | 4,0 | 4,5 | 3,1 | 3,8 | 14,9 | 19,3 | 38,0 | 20,3 | 58,3 | 63,9 |
| Área 2 (P.D.) | 4,2 | 4,4 | 3,0 | 4,2 | 20 | 15 | 39,2 | 27 | 66,2 | 59 |

M.O – matéria orgânica; SB – soma de bases; CTC- capacidade de troca catiônica; V% - saturação por bases.

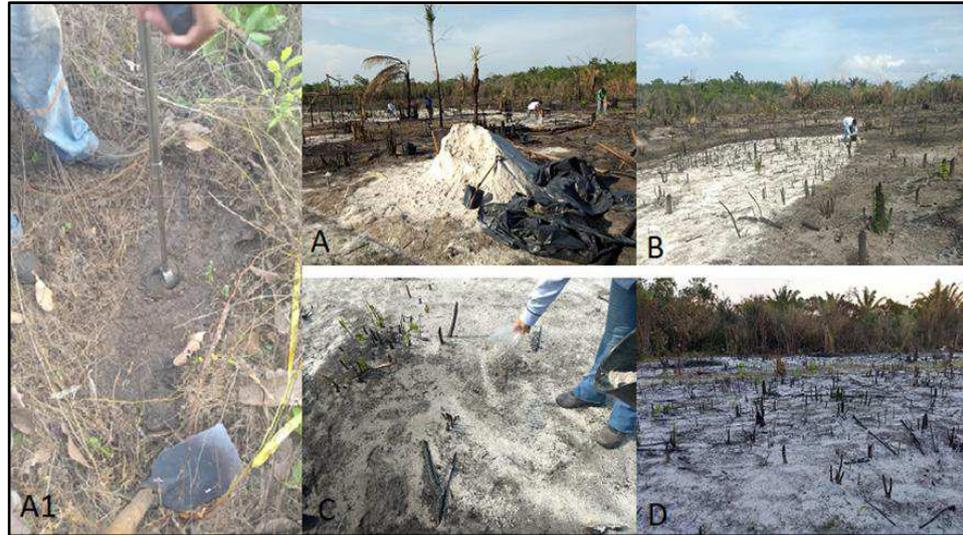
Quadro 1. Resultados da análise física do solo das áreas 1 e 2, no Município de Pedro do Rosário – MA.

| ÁREAS | Composição granulométrica | | | | Silte/Argila | Textura |
|-----------------|---------------------------|------------|-------|--------|--------------|----------------|
| | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila | | |
| Área 1 (SAF) | 1 | 35 | 60 | 4 | 7,53 | Franco siltoso |
| Área 2 (P.D) | 1 | 38 | 57 | 4 | 7,09 | Franco siltoso |

Para a correção e adubação do solo na área 1, foi efetuada com a aplicação de 2,0 t/ha de calcário PRNT 95%; 7,0 t/ha de gesso agrícola. Na área 2 também foi realizada a correção do solo por meio da calagem aplicou-se 1,5 t/ha de calcário PRNT 98 e gessagem 3,5 t/ha. Ambas as áreas receberam adubação com 80 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O. Após a adubação foi coletado o solo, para ser usado no preenchimento dos vasos desse experimento (Figura 2).

Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) e Sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) foram as leguminosas arbóreas utilizadas no experimento devido sua ampla utilização em sistemas agroflorestais.

Figura 2: A) Coleta de solo das áreas experimentais de Pedro do Rosário para análise química; B- E) Adubação com calcário e gesso nas áreas.



Fonte: Coelho,(2018)

Os experimentos foram conduzidos em Delineamento Inteiramente Casualizado-DIC, esquema fatorial 2x3, solos de dois sistemas, 4 tratamentos e 4 repetições, para cada leguminosa (Figura 3). Os tratamentos foram os seguintes:

Experimento 1- Gliricídia:

- 1) Inoculação com estirpes de rizóbios recomendadas pelo MAPA-SEMIA 6168;
- 2) Adubação nitrogenada (80 kg/ha de N, na forma de uréia, parcelada em 0, 15 e 30 dias após a semeadura);
- 3) Controle (solo nativo corrigido).

Experimento 2- Sombreiro:

- 1) Inoculação com estirpes de rizóbios recomendadas pelo MAPA-BR8007;
- 2) Adubação nitrogenada (80 kg/ha de N, na forma de uréia, parcelada em 0, 15 e 30 dias após a semeadura);
- 3) Controle (solo nativo corrigido).

Figura 3: Experimento com leguminosas arbóreas



Fonte: Batista, (2019)

3.1.1 Inoculação das sementes

Para o processo de inoculação as sementes foram desinfestadas com uma solução de hipoclorito a 1% por quatro minutos. As sementes de gliricídia passaram pelo processo de quebra de dormência por imersão em água a 80° C e embebição por três horas. Para a inoculação, foi utilizado os seguintes materiais: Câmara de Fluxo para evitar qualquer tipo de contaminação, a câmara ficou ligada por cerca de 15 minutos para a esterilização; uma tesoura esterilizada; 2 beckers sendo um com uma solução de água destilada + açúcar a 20%, para facilitar a aderência do inoculante nas sementes, e o outro com as sementes das leguminosas; os inoculantes e luvas.

3.1.2 Condução do experimento

As sementes inoculadas foram levadas para a casa de vegetação e semeadas, com quatro sementes por vaso. Após 15 dias da semeadura foi efetuado o desbaste e mantendo-se duas plantas por vaso. As plantas permaneceram por 90 dias na casa de vegetação.

Posteriormente as leguminosas foram retiradas da casa de vegetação, separadamente e por tratamento. Para isso, foi usada uma tesoura de poda para o corte e separação da parte aérea e raiz. Com o uso de uma peneira, as raízes foram lavadas e os nódulos contidos nelas foram contados. A parte aérea, as raízes e os nódulos de cada leguminosa foram colocados em sacos de papel, levados à estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 60 °C por 72 horas e depois da secagem foram pesadas.

3.1.3 Nodulação e desenvolvimento das leguminosas arbóreas

Foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta (ALT); diâmetro do colo da planta (DC); massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) número de

nódulos (NN); massa seca de nódulos (MSN); acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), de acordo com o método de Kjeldahl e Eficiência Relativa (EFR) comparada ao tratamento com adubação nitrogenada. A eficiência relativa foi calculada segundo a expressão:

$$Efr = (MSPA \text{ tratamentos} / MSPA \text{ com } N) \times 100$$

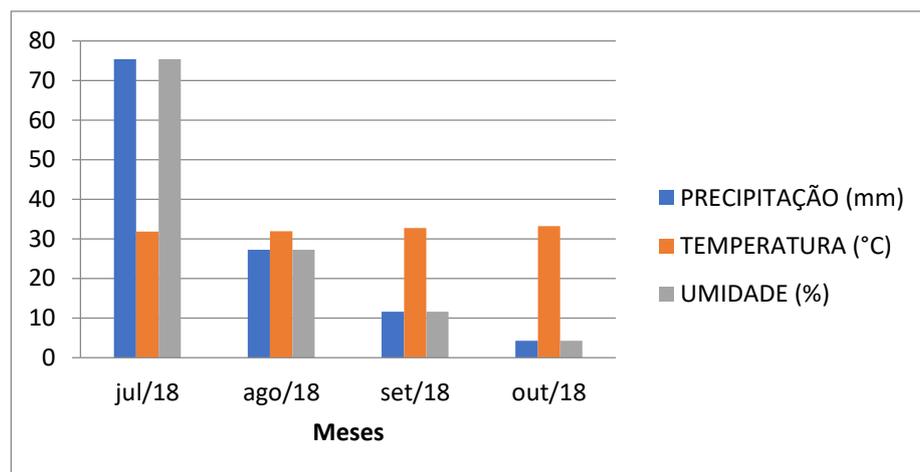
Efr = eficiência relativa; MSPA tratamentos = massa seca da parte aérea do tratamentos; MSPA com N = massa seca da parte aérea da testemunha nitrogenada (média das repetições).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e, posteriormente, a comparação de médias pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$), com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 1998).

3.2 Experimento com feijão-caupi

A área experimental do feijão-caupi foi implantada em São Luís-MA, localizada a 2°31'51"S e 44°18'24"W. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. O experimento foi implantado no mês de julho até o começo de outubro. Nesse período ainda havia ocorrência de chuva, que é um padrão sazonal atípico para a região, com temperatura média na faixa de 30° C e umidade relativa acima de 70 % (Figura 4). Não foi utilizado sistema de irrigação na área, pois a água presente no solo supriu a necessidade da cultura.

Figura 4: Precipitação pluvial, temperatura e umidade entre os meses de julho a outubro em São Luís-Ma.



Fonte: Batista, (2019)

Foi efetuada amostragem e análise de solo da área, com os resultados verificou-se teores mais elevados de fósforo e matéria orgânica (Tabela 2). A adubação da área foi feita de acordo com a recomendação da análise de solo. Todas as parcelas receberam 80 kg/ha de

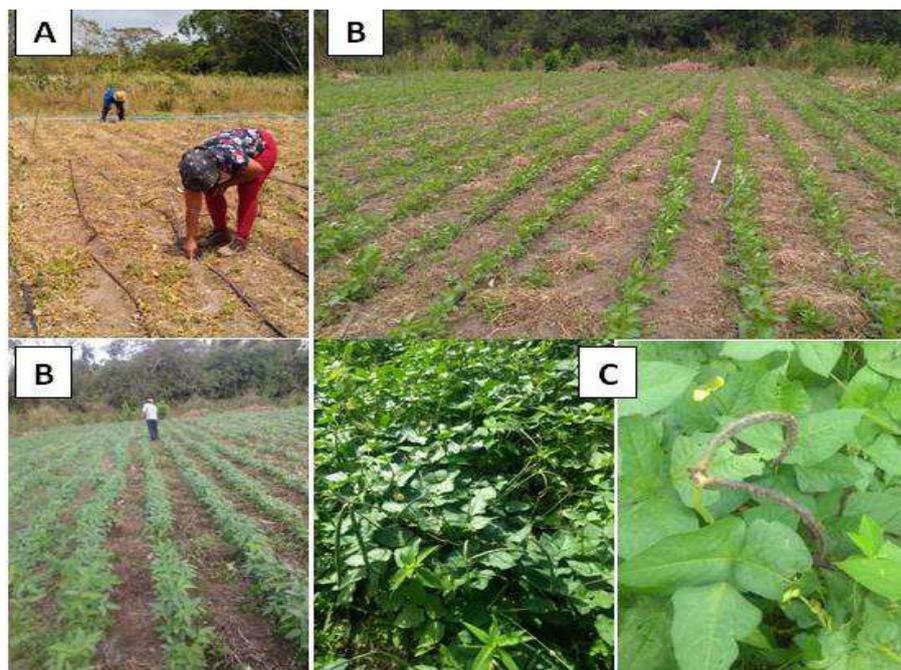
P_2O_5 e 60 de K_2O , nas formas de superfosfato triplo e KCl, respectivamente. O espaçamento utilizado foi de 0,5m entre fileiras, com 10 plantas por metro linear (Figura 5).

Tabela 2. Resultado da análise química do solo na profundidade de 0-20 cm em São Luís-MA

| Área | M.O | pH | P | K | Ca | Mg | SB | H+Al | CTC | V% |
|----------|--------------------|-------------------|------------------------|-----|------|------------------------|------|------|-----|------|
| | g dm ⁻³ | CaCl ₂ | mmolc dm ⁻³ | | | mmolc dm ⁻³ | | | % | |
| São Luís | 20,0 | 4,0 | 15,0 | 1,0 | 15,0 | 9,0 | 25,0 | 29 | 54 | 46,2 |

M.O – matéria orgânica; SB – soma de bases; CTC- capacidade de troca catiônica; V% - saturação por bases.

Figura 5: Instalação e condução de experimento com feijão-caupi A) adubação e plantio do feijão-caupi, de acordo com os tratamentos; B) desenvolvimento da cultura e tratos culturais; C) Feijão-caupi em estado reprodutivo.



Fonte: Coelho, (2018)

Foi efetuada a inoculação com as estirpes selecionadas antes do plantio das sementes, misturou-se o inoculante com solução de sacarose a 20% em um becker, espalhou-se na semente, esperou secar a sombra e procedeu o plantio. Após 15 dias do plantio foi efetuado o desbaste na área.

O experimento com feijão-caupi foi instalado em blocos casualizados com quatro tratamentos: 1-inoculação com estirpe SEMIA 6462; 2- inoculação com estirpe SEMIA 6464; 3- adubação com 60 kg/ha de N; 4- Controle (solo nativo corrigido), e cinco repetições.

3.2.1 Variáveis analisadas para nodulação e produtividade

As avaliações foram realizadas em dois momentos: durante o florescimento e durante a maturação.

Na primeira fase foram feitas amostragens aos 35 dias após a emergência (DAE). Foram coletadas dez plantas por parcela e avaliados os seguintes parâmetros de desenvolvimento e nodulação: número de nódulos (NN), matéria seca dos nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), eficiência relativa (Efr). Os nódulos foram contados e posteriormente armazenados em sacos de papel e secos em estufa. A matéria seca da parte aérea, da raiz e dos nódulos foi determinada após secagem do material amostrado a 60° em estufa de circulação forçada de ar, até atingir o peso constante.

A eficiência relativa foi calculada dividindo-se a matéria seca da parte aérea das plantas dos diversos tratamentos pela matéria seca da parte aérea de plantas do tratamento com fertilizante nitrogenado e multiplicando por 100, como mostra no exemplo:

$$Efr = (MSPA \text{ tratamentos} / MSPA \text{ com N}) \times 100$$

Efr = eficiência relativa; MSPA tratamentos = massa seca da parte área do tratamentos; MSPA com N = massa seca da parte aérea da testemunha nitrogenada (média das repetições).

A segunda fase de avaliações ocorreu quando o feijão atingiu a maturidade. Foi feita a colheita da área útil das parcelas do experimento e a partir dessa coleta foram determinados os parâmetros de produtividade como: Rendimento de grãos (RG) de todas as plantas amostradas em cada parcela; Número de Grãos por Vagem (NGV), estimado por meio da média da contagem dos grãos de 10 vagens; Comprimento da vagem (CV) que foi estabelecido através da medida de 10 vagens por planta e extraímos a média; Peso de 100 grãos (P100 GRÃOS), obtido através da pesagem de 100 grãos de cada tratamento (três repetições) e a área foliar (AF) das folhas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, a $p < 0,05$ e comparação de médias utilizando o teste de teste Scott Knott, em $p < 0,05$. Com auxílio do software SISVAR, (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desenvolvimento das Leguminosas arbóreas

O sombreiro apresentou melhor desempenho para o desenvolvimento vegetal na utilização da adubação nitrogenada na área 2 para a maioria dos parâmetros, esse resultado mostra que há baixa interação da leguminosa com a comunidade nativa, e baixa eficiência do inoculante. Segundo Souza et al. (2007), quando uma população de rizóbios compatíveis estiver presente no solo a leguminosa se beneficiará da FBN e conseqüentemente formará nódulos. O uso do inoculante teve melhor resposta na área 1 e isso demonstra que há uma alta compatibilidade entre o sombreiro e as estirpes recomendadas pelo MAPA as quais garantem um bom desenvolvimento da leguminosa (COELHO, 2010). Segundo Tenorio, (2014) o sombreiro é uma leguminosa, que somente consegue se estabelecer e nodular com eficiência em um ambiente que tem uma alta gama de estirpes de rizóbios.

Para o sombreiro houve interação ($p < 0,05$; $F=24,85$) entre tratamentos e áreas para todas as variáveis analisadas. Na variável altura da planta (ALT), houve diferença ($p < 0,05$) entre as áreas, sendo que a área 2 obteve maior média dentro do tratamento com N, já dentro do tratamento Inoculado (BR 8007), a área 1 apresentou maior média ($p < 0,05$). Para o parâmetro ALT, verificou-se ainda que o tratamento Inoculado apresentou maior média na área 1 diferentemente da área 2, onde o tratamento nitrogenado obteve a maior média ($p < 0,05$).

Houve interação ($p < 0,05$; $F=5,67$) para a variável diâmetro do colmo (DC). A comparação entre áreas revelou que, dentro do tratamento com N, a área 2 apresentou maior média de DC. Observou-se ainda média de DC inferior para o tratamento com N, na área 1 ($p < 0,05$). Resultados contrastantes foram observados na área 2, onde os tratamentos com N e Inoculado (BR 8007) apresentaram médias de DC superiores ($p < 0,05$) a testemunha.

Com relação a variável massa seca da parte aérea (MSPA) observou-se interação entre os fatores ($p < 0,05$; $F=18,28$). Na comparação entre áreas revelou que, dentro do tratamento com N, a área 2 apresentou melhor resultado, já dentro do tratamento Controle a maior ($p < 0,05$) média foi obtida na área 1. Para MSPA o tratamento com N foi superior aos demais tratamentos, na área 2 ($p < 0,05$).

Houve interação entre os fatores ($p < 0,05$; $F=11,64$) para a eficiência relativa (EFR). Na comparação entre áreas, a EFR apresentou média superior na área 1 dentro dos tratamentos Inoculado e Controle. O tratamento com N foi superior aos demais tratamentos, dentro da área 2 ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios de Altura da planta (ALT), Diâmetro do colo planta (DC), Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) e Eficiência relativa (EFR) obtidos no experimento em vasos de polietileno, utilizando sombreiro.

| SOMBREIRO | | | | | | | | |
|------------|-------------|----------|------------|---------|-------------|---------|------------|-----------|
| TRATAMENTO | ALT (cm) | | DC (mm) | | MSPA (g) | | EFR (%) | |
| | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 |
| COM N | 22,85 bB | 37,75 aA | 4,50 bB | 6,33 aA | 2,24 aB | 5,38 aA | 100,00 aA | 100,00 aA |
| BR 8007 | 30,17 aA | 22,83 bB | 6,00 aA | 6,16 aA | 3,15 aA | 2,47 bA | 140,85 aA | 45,94 bB |
| CONTROLE | 24,67 bA | 19,75 bA | 5,91 aA | 4,83 bA | 2,77 aA | 1,42 bB | 123,59 aA | 26,45 bB |

Letras minúsculas comparam médias entre diferentes tratamentos dentro de uma mesma área. Letras maiúsculas comparam médias entre as duas áreas para o mesmo tratamento. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($\alpha=0,05$). A1 - Área 1, A2 - Área 2.

A gliricídia apresentou melhores resultados no tratamento com N, tanto na área 1 quanto na área 2, este fato sugere a existência de uma comunidade nativa de bactérias incompatível com esta leguminosa e ineficiente em proporcionar seu desenvolvimento vegetal. Isso pode estar relacionado ao fato da gliricídia ser uma espécie exótica, e não se adaptou bem aos rizóbios locais, assim como ao tratamento inoculado que não proporcionou um resultado satisfatório, para a maioria das variáveis analisadas em ambas as áreas (COELHO, 2010). O fato do *Bradyrhizobium* testado não ter influência no desenvolvimento das mudas pode estar relacionado à baixa competitividade com as estirpes nativas, como também foi observado por Mendes et al., (2013).

De modo geral as diferenças observadas entre as duas áreas testadas, podem ser explicadas pelo fato de diferentes sistemas de uso da terra ou coberturas vegetais serem capazes afetar a diversidade de rizóbios existente no solo (JESUS et al., 2005), o que possibilita o favorecimento de populações diferenciadas com relação à eficiência simbiótica (SANTOS et al., 2017). Os resultados mostram que, mesmo utilizando inoculantes selecionados e com comprovada eficiência, o uso em solos de diferentes áreas, com diferentes populações de rizóbios nativos, em tamanho e número de indivíduos, acarreta em variação da eficiência simbiótica (NASCIMENTO, 2013; SANTOS et al., 2017) (Tabela 4).

Para a gliricídia não houve interação entre os fatores ($p>0,05$; $F=0,93$) para a ALT. O tratamento com N foi superior aos demais tratamentos ($p<0,05$) tanto na área 1 quanto na área 2. Na comparação entre áreas, não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos.

Para o DC observa-se há interação entre os fatores ($p<0,05$; $F=16,86$). O tratamento Controle obteve a menor média ($p<0,05$) na área 1, já na área 2 o tratamento Inoculado foi o que

diferiu ($p < 0,05$) dos demais. Quando se compara as áreas é possível identificar que, dentro do tratamento Inoculado (SEMIA 6168), a área 1 apresentou maior média para diâmetro do caule, já dentro do tratamento Controle, a área 2 obteve resultado superior.

Para a MSPA não houve interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F=2,97$), na comparação entre os tratamentos, o tratamento nitrogenado foi superior aos demais ($p < 0,05$) na área 1, enquanto que na área 2 não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Não houve diferença entre as áreas ($p > 0,05$).

Para a EFR não observou-se interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F=2,45$). Na área 1 o tratamento com N diferiu dos demais tratamentos, apresentando a maior média ($p < 0,05$), enquanto na área 2 não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Observando a comparação entre as áreas, dentro do tratamento Controle, a área 2 apresentou média superior a área 1 ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4: Valores médios de Altura da planta (ALT), Diâmetro do colo planta (DC), Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) e Eficiência relativa (EFR) obtidos no experimento em vasos de polietileno, utilizando gliricídia.

| GLIRICÍDIA | | | | | | | | |
|------------|-------------|----------|------------|---------|-------------|---------|------------|-----------|
| TRATAMENTO | ALT (cm) | | DC (mm) | | MSPA (g) | | EFR (%) | |
| | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | ÁREA 2 |
| COM N | 29,91 aA | 31,90 aA | 7,58 aA | 7,61 aA | 8,53 aA | 6,89 aA | 100,00 aA | 100,00 aA |
| SEMIA 6168 | 21,75 bA | 18,65 bA | 7,58 aA | 5,00 bB | 6,06 bA | 3,83 aA | 71,00 bA | 55,61 aA |
| CONTROLE | 20,60 bA | 21,87 bA | 5,97 bB | 7,38 aA | 4,30 bA | 6,29 aA | 50,48 bB | 91,26 aA |

Letras minúsculas comparam médias entre diferentes tratamentos dentro de uma mesma área. Letras maiúsculas comparam médias entre as duas áreas para o mesmo tratamento. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($\alpha=0,05$). A1 - Área 1, A2 - Área 2.

4.1.1 Parâmetros para a nodulação

O sombreiro apresentou uma nodulação superior nos tratamentos Inoculados (BR 8007) e Controle, isso demonstra uma comunidade nativa de rizóbios compatíveis com a leguminosa e boa nodulação com a estirpe inoculada. Coelho, (2010) verificou uma reduzida nodulação do sombreiro frente as estirpes nativas, o que não corrobora com os resultados aqui encontrados. Souza et al., (2007) afirmam que quando no solo estiver presente populações nativas de rizóbios compatíveis, a leguminosa formará nódulos e se favorecerá da FBN. Os autores observaram nodulação abundante e eficiente fixação de nitrogênio, além de compatibilidade entre o sombreiro e a comunidade nativa de rizóbios no caso, na Zona da Mata de Pernambuco. Outro fator que se deve levar em consideração é o fato que no

tratamento nitrogenado houve ausência ou baixa nodulação. A adubação mineral inibe a nodulação, o suprimento do nitrogênio via fertilização mineral influencia o processo de FBN em leguminosas, uma vez que o N presente no solo são absorvidos diretamente pelas plantas (OLIVEIRA et al., 2004). Embora alguns autores recomendarem baixas doses de N no plantio de leguminosas, o que pode melhorar o crescimento e nodulação das plantas.

Com relação ao sombreiro houve interação entre os fatores para MSR ($p < 0,05$; $F=13,91$). Para o parâmetro massa seca de raiz (MSR), na comparação entre os tratamentos, verifica-se que o tratamento com N teve média inferior aos demais tratamentos ($p < 0,05$) na área 1 e não houve diferença entre os tratamentos na área 2 ($p > 0,05$). Entre as áreas, dentro do tratamento com N, a MSR diferiu significativamente ($p < 0,05$), com média superior na área 2. Já dentro do tratamento controle, a área 1 obteve maior média.

Na variável número de nódulos (NN), observou-se que não houve interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F=2,83$). O tratamento com N diferiu ($p < 0,05$) dos demais tratamentos em ambas as áreas obtendo a menor média. Na comparação entre as áreas destaca-se a área 1, que obteve média superior a área 2 ($p < 0,05$) dentro do tratamento Inoculado.

Para a variável massa seca de nódulos (MSN) não houve interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F=2,11$). O tratamento inoculado foi inferior ($p < 0,05$) aos demais tratamentos na área 1, não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos na área 2. Dentro do tratamento inoculado, a área 1 apresentou resultado superior ($p < 0,05$) a área 2 para MSN.

No acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) houve interação entre os fatores ($p < 0,05$; $F=8,09$) entre tratamentos, o tratamento Controle diferiu ($p < 0,05$) na área 1 com a menor média, enquanto na área 2 o tratamento nitrogenado foi obteve média superior aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Observando esse parâmetro entre as áreas, dentro do tratamento Inoculado, a área 1 apresentou ANPA superior a área 2 ($p < 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5: Valores médios de massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta (ANPA), obtidos no experimento em vasos de polietileno, utilizando sombreiro.

| SOMBREIRO | | | | | | | | |
|------------|------------|---------|--------------|-----------|------------|---------|----------------|----------|
| TRATAMENTO | MSR (g) | | NN (unid) | | MSN (g) | | ANPA (g/kg) | |
| | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 |
| COM N | 0,47 bB | 1,79 aA | 0,00 bA | 34,50 bA | 0,00 bA | 0,03 aA | 31,63 aA | 28,49 aA |
| BR 8007 | 1,59 aA | 1,39 aA | 259,17 aA | 150,83 aB | 0,40 aA | 0,09 aB | 30,42 aA | 14,74 bB |
| CONTROLE | 1,67 aA | 0,93 aB | 216,33 aA | 160,50 aA | 0,16 bA | 0,06 aA | 20,00 bA | 17,98 bA |

Letras minúsculas comparam médias entre diferentes tratamentos dentro de uma mesma área. Letras maiúsculas comparam médias entre as duas áreas para o mesmo tratamento. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($\alpha=0,05$). A1 - Área 1, A2 - Área 2.

A gliricídia teve resultados satisfatórios para os tratamentos inoculados e controle na maioria das variáveis analisadas para a nodulação. O tratamento com N, não teve melhor desempenho em alguns parâmetros de nodulação na área 1. Coelho (2010) afirma que é necessária uma maior demanda de nitrogênio pela espécie, para assegurar o crescimento da leguminosa, quando a mesma apresentar baixo desempenho no crescimento. A baixa nodulação em virtude do uso de nitrogênio é justificada por Brady e Weil (2013), que afirmam que altas doses de nitrogênio tendem a reduzir a FBN, pois as plantas somente investem energia para a simbiose quando a suplementação do nitrogênio é reduzida. Coelho (2010), em estudos realizados com leguminosas alega que apesar do uso de inoculante apresentar maior nodulação, esta não foi suficiente para assegurar um melhor desempenho em ganho de massa seca e isso pode estar relacionado a nódulos inativos, resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho (Tabela 6).

Como observado nas análises química e física dos solos da área 1 e 2 (Tabela 1 e Quadro 1) as características químicas e físicas das duas áreas são semelhantes. Logo, as diferentes respostas das leguminosas, sobretudo do sombreiro, aos mesmos tratamentos nas duas áreas, pode ser explicado pela resposta das leguminosas as diferentes comunidades nativas de rizóbios das duas áreas. Isso porque as áreas 1 e 2, mesmo sendo geograficamente próximas, sofreram diferentes manejos e estavam sob diferentes coberturas vegetais, o que influencia na abundância e diversidade dos rizóbios nativos. Nas duas áreas, a existência de populações de rizóbios nativos compatíveis foi confirmada pela nodulação natural das leguminosas arbóreas nos tratamentos sem inoculados, porém a ocupação dos nódulos por bactérias nativas ineficientes comprometem o desenvolvimento e nodulação da leguminosa. Bala et al. (2003) afirma que as populações de rizóbios capazes de nodular leguminosas são abundantes em solos de regiões de onde as espécies são nativas contudo, quando a espécie é exótica, espera-se menor nodulação.

Para a gliricídia não foi observado interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F = 1,88$) para MSR. A MSR não apresentou diferenças entre os tratamentos e entre as áreas estudadas.

No NN não houve interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F = 2,74$). O tratamento com N teve a menor média ($p < 0,05$) entre os tratamentos na área 1, na área 2 não houve diferença ($p > 0,05$). Não houve diferença entre as duas áreas ($p > 0,05$).

Na MSN não houve diferença ($p > 0,05$) entre tratamentos, entre as áreas e também não houve interação entre os fatores estudados ($p > 0,05$; $F = 1,28$).

Para o parâmetro ANPA verificou-se que não houve interação entre os fatores ($p > 0,05$; $F = 2,22$). Entre os tratamentos, houve diferença ($p < 0,05$) na área 2, com o tratamento

Com N apresentando ANPA superior aos demais. Na comparação entre áreas, dentro do tratamento Inoculado, a área 1 apresentou maior ANPA ($p < 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6: Valores médios de massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta (ANPA), obtidos no experimento em vasos de polietileno, utilizando glicirídia

| GLIRICÍDIA | | | | | | | | |
|------------|------------|--------|--------------|----------|------------|--------|----------------|----------|
| TRATAMENTO | MSR (g) | | NN (unid) | | MSN (g) | | ANPA (g/kg) | |
| | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 | A1 | A2 |
| COM N | 3,72Aa | 2,71aA | 14,16bA | 66,46aA | 0,04bA | 0,17aA | 23,41 aA | 24,00 aA |
| SEMIA 6168 | 2,92Aa | 1,74aA | 179,50aA | 122,66aA | 0,41aA | 0,25aA | 25,68 aA | 17,97 bB |
| CONTROLE | 2,46Aa | 3,29aA | 84,00aA | 60,00aA | 0,30aA | 0,28aA | 20,27 aA | 16,71 bA |

Letras minúsculas comparam médias entre diferentes tratamentos dentro de uma mesma área. Letras maiúsculas comparam médias entre as duas áreas para o mesmo tratamento. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($\alpha = 0,05$).

A1 - Área 1, A2 - Área 2.

4.2 Feijão-caupi

4.2.1 Desenvolvimento e nodulação

Nos resultados dos parâmetros de desenvolvimento e nodulação do feijão-caupi, observou-se que os tratamentos inoculados e com adubação nitrogenada proporcionaram maiores ($p = 0,0196$) acúmulos de MSPA. Resultados encontrados por Zilli et al. (2011) também mostraram maior acúmulo de MSPA em feijão-caupi inoculados para as mesmas estirpes aqui analisadas. Gualter et al. (2011), em estudos realizados na pré-amazônia maranhense, observaram que a estirpe SEMIA 6464 obteve um melhor rendimento na massa seca e na eficiência relativa, o que corrobora com nossos resultados (Tabela 7).

Na EFR os tratamentos com nitrogênio e inoculados não diferiram significativamente ($p > 0,05$), apresentando grande eficiência na fixação do nitrogênio em relação ao tratamento controle. A EFR corresponde o quanto a planta conseguiu se desenvolver em relação ao tratamento com N, uma vez que esse tratamento é tido como referência já que se espera dele um melhor desenvolvimento vegetal e maior produtividade. Comportamento semelhante com relação à biomassa do feijão-caupi inoculado com estirpes referência foi encontrado por Soares et al. (2006), Melo et al. (2009), Zilli et al. (2009) e Nascimento et al. (2010), tanto em condições de casa de vegetação como de campo.

Para as outras variáveis analisadas MSR, NN e MSN não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 7). Bandeira et al., (2018) em estudo com inoculação de feijão-caupi, observaram que os maiores valores de MSR foram encontrados

em tratamentos com a inoculação das sementes, as estirpes utilizadas proporcionaram aumento na matéria seca das plantas, resultados semelhantes aos aqui encontrados. O NN e MSN para o feijão-caupi, não foram estabelecidas informações sobre o número mínimo de nódulos necessários para garantir bom desempenho da FBN, como é observado para a cultura da soja, para a qual se reconhece como suficientes 15 a 20 nódulos na coroa da raiz principal, como afirmam (HUNGRIA e BOHRER, 2000). Farias et al., (2016) também não observaram diferenças no NN e na MSN, em experimentos com feijão-caupi inoculado aqui no estado do Maranhão.

Apesar do feijão-caupi ser uma leguminosa que tem alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, a nodulação espontânea e a falta de resultados positivos em condições de campo, faz com que a prática da inoculação com estirpes de rizóbios não seja amplamente usada no Brasil para essa cultura, assim como é usado para soja (JUNIOR et al., 2010)

Tabela 7: Parâmetros de desenvolvimento do feijão-caupi cultivado em São Luís - Ma

| TRATAMENTOS | MSPA (g) | MSR (g) | NN (n°/planta) | MSN (g) | EFR (%) |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| CONTROLE | 16,4b | 2,4a | 13,2a | 0,15a | 72b |
| COM N | 22,7a | 2,9a | 11,4a | 0,10a | 100a |
| SEMIA 6462 | 23,9a | 2,3a | 15,7a | 0,19a | 105a |
| SEMIA 6464 | 28,0a | 2,7a | 17,4a | 0,15a | 124a |

Número de Nódulos (NN), Matéria Seca dos Nódulos (MSN) Massa Seca da Raiz (MSR) e Eficiência Relativa (EFR). Testemunha; COM N= tratamento com adubação nitrogenada; SEMIA 6462= inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462; SEMIA 6464= inoculação com estirpe de rizóbio.

4.2.2 Produtividade do feijão-caupi

Na segunda fase de análise do experimento, quanto aos parâmetros de produtividade, no rendimento de grãos (RG) observa-se que os tratamento inoculado com a estirpe SEMIA 6464 e com adubação nitrogenada diferiram significativa ($p < 0,05$), promovendo um maior rendimento de grãos (Tabela 6). Resultados divergentes foram encontrados por Silva e colaboradores (2011) que encontraram maior massa nas sementes dos tratamentos adicionados com adubação nitrogenada e menor massa nos tratamentos inoculados. Bem como Pelegrin et al. (2009), que identificaram que a inoculação das sementes de feijão-caupi

apresenta maior produtividade quando adicionadas doses de nitrogênio, conseqüentemente maior rendimento de grãos.

No NGV também houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo o tratamento inoculado e nitrogenado obtiveram as melhores médias (Tabela 6). Mendes et al. (2007) observaram uma produção média de 9,58 grãos por vagem no feijão-caupi, valor inferior ao obtido no nosso trabalho. Com isso, o número de grãos pode estar associado ao tamanho das vagens, onde proporcionalmente se a vagem for grande é esperado um maior número de grãos.

Para CV e P100 GRÃOS não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 6). O CV do feijão-caupi não foi influenciado pela inoculação. Resultados semelhantes ao encontrados por Almeida et al. (2010), que não observaram significância quando inoculadas as sementes com bactérias diazotróficas simbióticas no feijão-caupi. Também observados por Lima et al. (2011) concluíram que os tratamentos sem inoculação proporcionaram colonizações de rizóbios semelhantes aos tratamentos com inoculação, sendo possível afirmar a existência de bactérias nativas no solo, o que corrobora com os nossos resultados. Quanto ao P100 GRÃOS, Silva et al. (2019), afirma que o peso de 100 grãos sofre interferência quando há dificuldade na absorção e translocação de nutrientes presentes no solo e caule da planta para o preenchimento dos grãos, isso resulta em menor acúmulo de fotoassimilados e grãos mais leves. A baixa taxa de nutrientes reduz a produção, o número e o rendimento de grãos.

Para a AF não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Zwirter, (2014) em estudo com feijão-caupi, encontrou diferença entre o tratamento inoculado quando comparado ao controle, resultados divergentes aos aqui encontrados. Entretanto para Borges et al., (2008), observaram que o tratamento controle foi o que apresentou a área foliar maior. O conhecimento da área foliar é um importante parâmetro no estudo do desenvolvimento das plantas, pois através dela é possível obter informações de características como fotossíntese, interceptação luminosa, uso da água e nutrientes e o potencial produtivo (GONÇALVES et al., 2008).

Tabela 8: Parâmetros de produtividade do feijão-caupi cultivado em São Luís-Ma

| TRATAMENTOS | RG (Kg/ha) | CV (cm) | NGV (unid.) | P100 GRÃOS (g) | AF (cm) |
|-------------------|---------------|------------|----------------|----------------------|------------|
| CONTROLE | 1085,0b | 19,0a | 11,9b | 21,2a | 59,9a |
| COM N | 1582,0a | 19,8a | 13,5a | 21,5a | 62,9a |
| SEMIA 6462 | 1212,0b | 19,0a | 12,9a | 21,1a | 60,9a |
| SEMIA 6464 | 1400,0a | 20,1a | 13,6a | 20,7a | 62,9a |

Rendimento de grãos (PG); Número de Grãos por Vagem (NGV); Comprimento da vagem (CV); Eficiência Relativa (EFR) e Área foliar (AF). Testemunha; COM N= tratamento com adubação nitrogenada; SEMIA 6462 = inoculação com estirpe de rizóbio SEMIA 6462; SEMIA 6464 = inoculação com estirpe de rizóbio.

5 CONCLUSÕES

- O uso das estirpes inoculantes recomendadas pelo MAPA (SEMIA 6168) para gliricídia, não resultaram em um desenvolvimento vegetativo satisfatório para serem considerados competitivos frente a comunidade nativa de rizóbios e ao uso de adubação química nitrogenada, em solo oriundo de Pedro do Rosário (MA). O sombreiro apresentou relativa eficiência quando inoculado com a estirpe BR 8007 em uma das áreas estudadas;
- A nodulação na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) respondeu positivamente à inoculação com a estirpe SEMIA 6464 e SEMIA 6462, em solo de São Luís – MA e proporcionou desenvolvimento vegetativo e aumento nos parâmetros de produtividade com satisfatório rendimentos de grãos.
- Há necessidade de mais estudos sobre comunidades nativas de rizóbios, a fim de obter isolados, para espécies de leguminosas de interesse, competitivos e adaptados às condições locais, e que elevem a FBN, principalmente para leguminosas arbóreas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.D.C.F.; FREITAS, I.C.D.; CARVALHO, C.S.; MONROE, P.H.M.; MOURA, E.G. Efficiency of an agrosystem designed for family farming in the pre-Amazon region. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v. 26, n. 1, p. 24-30, 2010.
- ALMEIDA, A. L. G.; ALCÂNTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 364-369, 2010.
- ALMEIDA, L.A.V. **Compartimentos da matéria orgânica do solo em função da aplicação de gesso e palha de leguminosas arbóreas em solo do trópico úmido.** (Monografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.
- ARAÚJO, A. S. F. DE; CARVALHO, E. M. de S. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Contribuindo para o desenvolvimento do meio rural do Piauí **Comunicado Técnico**, n. 11, p. 1-4, abril 2006.
- BALA, A.; MURPHY, P. J.; OSUNDE, A. O.; GILLER, K. E. **Nodulation of tree legumes and the ecology of their native rhizobial populations in tropical soils.** *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 211-223, 2003.
- BANDEIRA, A. D. S., CASTRO, F.M. N. D., AMARAL, M. C. A., MENEZES, A. T., OLIVEIRA, C. C., & MORAIS, O. M. (2018). Avaliação da produtividade de feijão-caupi com e sem inoculação. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- BENIZRI, E.; BAUDOIN, E.; GUCKERT, A. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. **Biocontrol science and technology**, v. 11, n. 5, p. 557-574, 2001.
- BONILLA, I.; BOLAÑOS, L. Mineral nutrition for legume-rhizobia symbiosis: B, Ca, N, P, S, K, Fe, Mo, Co, and Ni: a review. **Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants, Lighthouse**, v. 1, p. 253-274, 2009.
- BORGES, P. R. S. et al.; Crescimento de feijão caupi de hábito indeterminado inoculado com estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio. IX Simpósio Nacional Cerrado, 12 a 17 de outubro de 2008, **Desafios e Estratégias para o Equilíbrio entre Sociedade Agronegócio e Recursos Naturais**. Brasília, 2008.
- BOUILLET J.P., LACLAU J.P., GONÇALVES J.L.M., MOREIRA M.Z., TRIVELIN P.C.O., JOURDAN C., SILVA E.V., PICCOLO M.C., TSAI S.M., GALIANA A.. Mixed species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil: 2. Nitrogen accumulation in the stands and biological N₂ fixation, **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 12, p. 3905-3917, 2008.
- BRASIL. **Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011 anexo** – protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica de cepas, inoculantes e tecnologias

BROCHE, Dirceu. **Inoculação de semente da soja é essencial para produtividade**. 2010. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/inoculacao-de-semente-da-soja-e-essencial-para-produtividade_106944.html>. Acesso em 11 de setembro de 2019.

BROCKWELL, J. Can inoculant strains ever compete successfully with established soil populations. **Gibson A, Newton H. Current Perspectives in Nitrogen**. Amsterdam: North Holland Elsevier, p. 277-315, 1981.

BROCKWELL, J., GAULT, R. R., HERRIDGE, D. F., MORTHORPE, L. J., & ROUGHLEY, R. J. Studies on alternative means of legume inoculation: microbiological and agronomic appraisals of commercial procedures for inoculating soybeans with *Bradyrhizobium japonicum*. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 39, n. 6, p. 965-972, 1988.

CABRAL, V., FARIA, S. D., DIAS, G. B. N., LOTT, C. M., NARA, M., & LIMA, H. C. Seleção de espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para utilização na recuperação de áreas mineradas pela Companhia Vale do Rio Doce. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – ÁGUAS E BIODIVERSIDADE, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sobrade, 2002. p. 463-465.

CARVALHO, P. E. R. Bordão-de-Velho *Samanea tubulosa*. **Circular técnica 132**. Embrapa Florestas, 2007.

COELHO, K.P. **Diversidade e eficiência de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas de gliricídia, leucena e sombreiro no Maranhão**. (Tese) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2010.

COELHO, K.P. **Simbioses de rizóbios com leguminosas arbóreas na pré-amazônia maranhense**. (Tese) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

COSTA, E. M.; CARVALHO, F.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, J. S.; MOREIRA, F. M. S. Bacterial strains from floodplain soils perform different plant-growth promoting processes and enhance cowpea growth. **Scientia Agrícola**, v. 73, n. 4, p. 301-310, 2016.

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

DE SOUZA LIMA, C. J. G., DE OLIVEIRA, F. D. A., DE MEDEIROS, J. F., DE OLIVEIRA, M. K. T., & DE OLIVEIRA FILHO, A. F. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 120-127, 2008.

DA COSTA, L. G., DA SILVA, A. G., & GOMES, D. R. Morfologia de frutos, sementes e plântulas, e anatomia das sementes de sombreiro (*Clitoria fairchildiana*). **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 4, p. 414-421, 2014.

da República Federativa do Brasil, nº 58 de 25 mar. 2011.

DABNEY, S.M.; DELGADO, J.A.; REEVES, D.W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.32, p.7-8, 2001.

DE OLIVEIRA, T. K. Influência do bordão-de-velho (*Samanea tubulosa* (Bentham) Barnedy; Grimes) na pastagem e no solo em sistema silvipastoril no Acre. **Embrapa Acre-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2012.

DE SOUSA, W. N., BRITO, N. F., SANTOS, F. C., BARROS, I. B., DE SOUSA, J. T. R., DE FREITAS SIA, E., & REIS, I. M. S. Resposta do feijão-caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 298-308, 2018.

DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. Gliricídia. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi-Árido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 301-321.

EMBRAPA: **Fixação Biológica de Nitrogênio** em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_31_711200516717.html>. Acesso em 12 de setembro de 2017.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. de; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.415-420, 2006.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; NETO, D. D.; LIER, Q. DE J.; SANTOS, O.S.; MÜLLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja – revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, 14: 89-106. 2007.

FARIAS, T. P., TROCHMANN, A., SOARES, B. L., & MOREIRA, F. M. S. Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 3, p. 387-395, 2016.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; REIS, V. M. Algumas limitações à fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2008. 33 p.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 835-842, 2003

FERRAZ JR, A. S. L. O cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do Trópico úmido. In: **Agroambientes de Transição Entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil. Atributos; alterações; uso na produção familiar.**/ organizado por Emanuel Gomes de Moura. 2 ed. São Luís: UEMA, 2006.

- FIGUEIREDO, M.V.B.; LIRA JÚNIOR, M.A.; ARAÚJO, A. S. F.; SILVEIRA, J. A. G. Fatores bióticos e abióticos à fixação biológica de N₂. In: Figueiredo, M.V.B.; Burity, H.A.; STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S. (Org.). *Microrganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura*. **Guaíba: Agrolivros**, 2008. p. 39-64.
- FLORENTINO, L. A., REZENDE, A. V., MESQUITA, A. C., LIMA, A. R., MARQUES, D. J.; MIRANDA, J. M. (2014). Diversidade e potencial de utilização dos rizóbios isolados de nódulos de *Gliricidia sepium*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 320-338, 2014.
- FORNARA, D. A.; TILMAN, D.; HOBBIIE, SARAH. E. Linkages between plant functional composition, fine root processes and potential soil N mineralization rates. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 1, p. 48-56, 2009.
- FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande, MS. **Palestras...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 24p. 2003.
- 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. **Embrapa Meio-Norte-Capítulo em livro científico (ALICE)** p. 1- 34. Disponível em: < [HTTP://www.cpatia.embrapa.br](http://www.cpatia.embrapa.br)>. Acesso em: 01 nov. 2019
- FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, A. L.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.; LYRA, M. C. C. P. Caracterização de rizóbios isolados de jucatupé cultivado em solo salino do Estado de Pernambuco, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 497-504, 2007.
- FREITAS, A. C. R., ALMEIDA, M. F., & KATO, O. R. Manejo Ecológico de Capoeiras e Produção de Alimentos por Agricultores Familiares no Bioma Amazônia do Estado do Maranhão. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.
- GILLER, K.E. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. IN: STAPLES, G. W.; ELEVITCH, C. R. *Samanea saman* (rain tree). **Species profiles for Pacific island agroforestry** 2006.
- GRAHAM, Peter H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 38, n. 6, p. 475-484, 1992.
- GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M.; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: Efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 469-474, 2008.
- HARA, F.A.S.; OLIVEIRA, L.A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos de Iraduba, Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40: 667-672, 2005.

- HOWIESON, J.; BALLARD, R. Optimising the legume symbiosis in stressful and competitive environments within southern Australia—some contemporary thoughts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, n. 8, p. 1261-1273, 2005.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. Fixação biológica do nitrogênio em sistemas agrícolas. In: **Congresso Brasileiro de Ciência Do Solo**. Recife, 2005.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI R, N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, p. 927-939, 2006.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field crops research**, v. 65, n. 2-3, p. 151-164, 2000.
- IBGE. **Censo 2015**. Disponível em: < <http://www.censo2015.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27 de outubro de 2019
- JESUS, E.C.; MOREIRA, F.M.S.; FLORENTINO, L.A.; RODRIGUES, M.I.D.; OLIVEIRA, M.S. Diversidade de bactérias que nodulam siratro em três sistemas de uso da terra da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 769-776, 2005.
- KNOPS, J. M. H.; BRADLEY, K. L.; WEDIN, D. A. Mechanisms of plant species impacts on ecosystem nitrogen cycling. **Ecology Letters**, v. 5, n. 3, p. 454-466, 2002.
- LEWIS, G.; SCHIRE, B.; MACKINDER, B. & LOCK, M. 2005. Legumes of the World. The Royal Botanic Gardens, Kew, 577p. LORENZI, H. 2002. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. (4ªed.). Instituto Plantarum, Nova Odessa, v.1, p.384, 2002.
- LIMA, H. C. **Leguminosas arbóreas da Mata Atlântica – uma análise da riqueza, padrões de distribuição geográfica e similaridades florísticas em remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.122, 2000.
- LINDSTRO, K.; MURWIRA, M.; WILLEMS, A.; ALTIER, N. The biodiversity of beneficial microbe-host mutualism: the case of rhizobia. **Research in Microbiology**, 161: 453-463. 2010.
- LOCATELLI, V. E. R; MEDEIROS, R. D; SMIDERLE, O. J; ALBUQUERQUE, J. A. A; ARAÚJO, W. F; SOUZA, K. T. S. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.574-580, 2014.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. (4ªed.). Instituto Plantarum, Nova Odessa, v.1, p.384, 2002.
- MACHADO, F. A., BEZERRA NETO, E., NASCIMENTO, M. P. S. C. B., SILVA, L. M., BARRETO, L. P., NASCIMENTO, H. T. S.; LEAL, J. A. Produção e qualidade da serrapilheira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. **Archivos Zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 323-334, 2012.
- MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 09, p. 1177-1183, 2009.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 729p.729 2006.
- MOURÃO, S.A.; KARAM, D.; SILVA, J.A.A. Uso de leguminosas no semiárido mineiro. Sete Lagoas: **Embrapa milho e sorgo**, 2011. 91p. (Documento, 135)
- NASCIMENTO, L. R. S. et al. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 05, n. 01, p. 36-42, 2010.
- NASCIMENTO, L.R.V. **Diversidade de isolados bacterianos e sua influência na FBN em diferentes coberturas vegetais**. 2013. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- NÓBREGA, R. S. A.; MOTTA, J. S.; LACERDA, A. M. MOREIRA, F. M. S. Tolerância de bactérias diazotróficas simbióticas à salinidade in vitro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 899-905, 2004.
- OHNSTONE, G. R.; BARBETTI, M. J. Impact of fungal and virus diseases on pasture. **Temperate pastures: their production, use and management/editors, JL Wheeler, CJ Pearson, GE Roberts**, 1987.
- OKAZAKI, S., NUKUI, N., SUGAWARA, M.; MINAMISAWA, K. Rhizobial strategies to enhance symbiotic interactions: rhizobitoxine and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. **Microbes and environments**, v. 19, n. 2, p. 99-111, 2004.
- PALHETA, R. A., WANDELLI, E. V. (2002). Nodulação de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas por pastagem na Amazônia Central. In: **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Anais. Ilhéus: CEPLAC: UESC, 2002. 1 CD-ROM., 2002.
- PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

- PONS, T. L., PERREIJN, K., VAN KESSEL, C. & WERGER, M. J. A. Symbiotic nitrogen fixation in a tropical rainforest: ^{15}N natural abundance measurements supported by experimental isotopic enrichment. **New Phytologist**, v. 173, n. 1, p. 154-167, 2007.
- REID, D. E.;FERGUSON, B. J., HAYASHI, S., LIN, Y. H., & GRESSHOFF, P. M. Molecular mechanisms controlling legume autoregulation of nodulation. **Annals of Botany** v. 108, n. 5, p. 789-795, 2011.
- REIS, V. M.; OLIVARES, F. L. Vias de penetração e infecção de plantas por bactérias. **Embrapa Agrobiologia**. Documentos, n. 216, 34 p., 2006.
- RUMJANEK, N. G.; GAMA, S. A.; TRIPLETT, E. W. Bacteriocin production by Bradyrhizobium strains. In: **International Congress on Nitrogen Fixation**. 1995. p. 433.1995.
- SANTOS, C. E. R. S.; SILVA, V. S. G.; FREITAS, A. D. S.; SILVA, A. F.; BEZERRA, R. V.; LYRA, M. C. C. P.; FERREIRA, J. S. Prospecting of efficient rhizobia for peanut inoculation in a Planosol under different vegetation covers. **African Journal of Microbiology Research**, Abuja, v. 11, n. 4, p. 123-131, 2017.
- SANTOS, C.E.R. S.; STAMFORD, N.P.; NEVES, M.C.P.; RUNJANEK, N.G.; BORGES, W.L.; BEZERRA, R. V.; FREITAS, A. D. S. Diversidade de rizóbios capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.249-256, 2007b.
- SAXENA, A. K.; REWARI, R. B. Differential responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.)—Rhizobium combinations to saline soil conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 13, n. 1, p. 31-34, 1992.
- SCHUH, C. A. **Biopolímeros como suporte para inoculantes. 2005. 81p.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SEAB. Feijão - **Análise da Conjuntura Agropecuária**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2014_15.pdf> Acesso em 28/09/2019
- SILVA, B. M., DOS SANTOS, I. M. B., DE ARAÚJO, P. A. A., SOARES, R. N., & DE OLIVEIRA, C. Emergência de plântulas de faveira (*Clitoria fairchildiana* RA Howard) em diferentes substratos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 555-566, 2017.
- SILVA, C. F., MOURA, M. F., VILELA, Á. R. R., de ARAÚJO, M. B., & MARQUES, J. D. S. (2019). Produção de feijão-caupi em função do emprego de inoculante e adubos orgânicos e mineral. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 1130-1145, 2019.

SILVA, E. F., MIRANDA, J. M., ARAÚJO, A. S., CARVALHO, E. M., & NUNES, L. A. Nodulação natural de leguminosas em solos de cerrado do estado do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 274-277, 2009.

SILVA, R. T. L.; ANDRADE, D. P.; MELO, É. C.; PALHETA, E. C. V.; GOMES, M. A. F. Inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da Amazônia oriental. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 152-156, 2011.

SNAPP, S.S.; SWINTON, S.M.; LABARTA, R. et al. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. **Agronomy Journal**, v.97, p.322-332, 2005.

SOARES, A. L. D. L., FERREIRA, P. A. A., PEREIRA, J. P. A. R., VALE, H. M. M. D., LIMA, A. S., ANDRADE, M. J. B. D., & MOREIRA, F. M. D. S. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II - feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 803-811, 2006.

SOUSA, P. M.; MOREIRA, F. M. S. Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso. **Em Extensão**, v. 10, n. 2, 2011.

SOUZA, L. A. G.; NETO, E. B.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 207-217, 2007.

STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N. G. Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais fatores que afetam a simbiose. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 1999.

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

TENORIO, J. D. O. **Diversidade de rizóbios associados a *Clitoria fairchildiana* RA Howard**. (Dissertação) – Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, Rio De Janeiro, 2014.

TREVISAN, H; NADAI, J.; LUNZ, A. M.; CARVALHO, A.G. Consumo foliar e aspectos biológicos de *Urbanus acawoios* (Lep.: HesperIIDae) alimentado com folíolos de *Clitoria fairchildiana* (Leguminosae: Faboideae) em três níveis de maturidade. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, 2004.

VAN SPRONSEN, P.C.; GRØNLUND, M.; BRAS C.P.; SPAINK, H.P.; KIJNE, J.W. Cell biological changes of outer cortical root cells in early determinate nodulation. **Molecular plant-microbe interactions**, v. 14, n. 7, p. 839-847, 2001.

WANI, S. P.; RUPELA, O. P.; LEE, K. K. Sustainable agriculture in the semi-arid tropics through biological nitrogen fixation in grain legumes. In: **Management of biological**

nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems. Springer, Dordrecht, 1995. p. 29-49.

ZAPPI, D. C., FILARDI, F. L. R., LEITMAN, P., SOUZA, V. C., WALTER, B. M., PIRANI, J. R., & FORZZA, R. C. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.

ZILLI, J. E., MARSON, L. C., MARSON, B. F., RUMJANEK, N. G., & XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, Roraima, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.

ZILLI, J.E.; SILVA NETO, M.L.; FRANÇA JÚNIOR, I.; PERIN, L.; MELO, A.R. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.739-742, 2011.

ZWIRTES, A. **Nodulação, crescimento e desenvolvimento de feijão inoculado com diferentes estirpes de *Rhizobium*.** (Tese) Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo – RS, 2014.