



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA



JARDEL CARVALHO

**DIVERSIDADE GENÉTICA DA RIZOSFERA DE SOLOS DO LESTE
MARANHENSE COM E SEM HÍSTÓRICO DA SOJICULTURA**

CHAPADINHA, MA

2021

JARDEL CARVALHO

**DIVERSIDADE GENÉTICA DA RIZOSFERA DE SOLOS DO LESTE
MARANHENSE COM E SEM HÍSTÓRICO DA SOJICULTURA**

Monografia apresentada à banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, como pré-requisito para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jardel Oliveira Santos

CHAPADINHA, MA

2021

JARDEL CARVALHO

Monografia apresentada à banca examinadora na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, como pré-requisito para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jardel Oliveira Santos

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jardel Oliveira Santos (Orientador)

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas - UENF

Professor / CCAA – BIOLOGIA – UFMA

Profa. Dra. Rosane Cláudia Rodrigues

Doutora em Qualidade e Produtividade Animal - FZEA/USP

Professora / CCAA – ZOOTECNIA – UFMA

Profa. Dra. Camila Campêlo de Sousa

Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas - ESALQ

Professora / Licenciaturas em Ciências Naturais CODÓ - UFMA

Profa. MSc. Marineide Rodrigues do Amorim

Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas – UFPI

Professora / BIOLOGIA – IFPI

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Carvalho, Jardel.

DIVERSIDADE GENÉTICA DA RIZOSFERA DE SOLOS DO LESTE
MARANHENSE COM E SEM HÍSTÓRICO DA SOJICULTURA / Jardel
Carvalho. - 2021.

64 f.

Orientador(a): Jardel Oliveira Santos.

Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia,
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2021.

1. Diversidade. 2. Rizóbios. 3. Rizosfera. I.
Oliveira Santos, Jardel. II. Título.

À memória de meu pai, Jacinto de Fátima dos Santos Carvalho, falecido no dia 15/12/2016. Que infelizmente não pode estar presente neste momento tão feliz da minha vida, mas que não poderia deixar de dedicar a ele, pois se hoje estou aqui, devo muitas coisas a ele e por seus ensinamentos e valores passados. Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, a você meu amado pai. Obrigado por tudo! Saudades eternas!

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, que iluminou o meu caminho, me deu força e coragem durante toda esta longa caminhada, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele.

Aos meus pais, Jacinto de Fátima dos Santos Carvalho e Maria Alcionira Moraes Silva, pelo amor, carinho, paciência e seus ensinamentos.

Agradeço de forma especial à minha mãe por toda a dedicação que ela tem comigo, muitas vezes abdicando de fazer coisas para si, para se dedicar a mim, sem medir esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante. Meu amor por ti é imensurável.

À minha querida irmã, Flávia Carvalho e meu sobrinho Jadson a quem eu amo infinitamente.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial o prof. Dr. Jardel Oliveira Santos, meu orientador e amigo, pela oportunidade, paciência, confiança e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão, por ter nós dado a oportunidade de realizar este curso.

Ao meu grupo de pesquisa GENEAL, pela ajuda na condução e análise do experimento.

Aos meus amigos de República, Michel, Valdenir, Vitor, João Pedro e Idenilson, pela amizade, companheirismo e boa convivência que compartilhamos.

A minha turma 2013.2 que, além de se tornarem amigos, compartilhamos ótimos momentos juntos, em especial a minha amiga Sâmia Matos, pelos conselhos e ensinamentos.

Aos meus queridos amigos Álef Matheus, Andiará Leão (*in memoriam*) e Alaide Castro, pela amizade que fizemos sendo além de amigos minha família em Chapadinha.

Aos meus amigos Emanuel, Guilherme, Mateus, Isabella, Karla, Renata, Melry e Dario, por me ajudarem na condução do experimento.

Ao meu amigo “irmão” Janaelton e sua mãe Marisa, por terem me acolhido, e me ajudado quando mais precisei.

Muito obrigado!

“Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”

Geroge Bernard Shaw

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Impactos ambientais negativos da monocultura no solo.....	13
3.2 Diversidade da rizosfera	14
3.3 FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio	15
3.4 Formas de identificar a variabilidade da rizosfera	16
3.5 Impactos da sojicultura	17
3.6 Solos degradados no Nordeste	19
3.7 Plantas-iscas/armadilhas.....	20
3.8 Feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).....	20
3.9 Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.).....	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
ARTIGO - ANÁLISES MULTIVARIADAS PARA DETERMINAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA DA RIZOSFERA DE SOLOS DO MARANHÃO	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT	32
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
CONCLUSÕES	50
AGRADECIMENTOS	50
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXO.....	52

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Dendrograma da dissimilaridade genética entre os tipos de solos – S, local da coleta e histórico de uso da terra obtido por UPGMA, com base nas 23 variáveis quantitativas avaliadas em feijão-fava e feijão-caupi. Chapadinha-MA, UFMA, 2021 47
- FIGURA 2.** Dendrograma da dissimilaridade genética das plantas-iscas, obtido por UPGMA, com base nas 23 variáveis quantitativas. Chapadinha-MA, UFMA, 2021 47
- FIGURA 3.** Dendrograma da dissimilaridade genética entre 18 combinações (tipo de solo x planta-isca – S x PI.), obtido por UPGMA, com base nas 23 variáveis quantitativas estudadas. Chapadinha-MA, UFMA, 2021 48

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar registrados durante os 45 dias de condução do experimento com o feijão-fava (<i>P. lunatus</i>) e feijão-caupi (<i>V. unguiculata</i>). Chapadinha, MA, 2021	34
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Dados de passaporte e caracterização das sementes das plantas-iscas. Chapadinha, MA, 2021	35
TABELA 2. Locais de coletas das sub-amostras de solos e informações sobre o histórico da área. Chapadinha, MA, 2021	35
TABELA 3. Caracterização química das amostras de solos de Chapadinha, MA ¹ e Brejo MA ² usadas como fonte de inóculo nas plantas-iscas de feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) e feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.). Chapadinha, MA, 2021	36
TABELA 4. Caracterização física das sub-amostras de solos de Chapadinha, MA ¹ e Brejo, MA ² usados como fonte de inoculo nas plantas-iscas de feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) e feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.). Chapadinha, MA, 2021	36
TABELA 5. Análise de variância para 23 variáveis avaliadas em plantas de feijão-fava (<i>P. lunatus</i> L.) e feijão-caupi (<i>V. unguiculata</i> L.) cultivadas em solos de diferentes regiões do estado do Maranhão. Chapadinha-MA, UFMA, 2021	41
TABELA 6. Distância euclidiana média padronizada (D) entre os tipos de solos – S, local da coleta e histórico de uso da terra. Chapadinha-MA, UFMA, 2021	44
TABELA 7. Distância euclidiana média padronizada (D) entre as plantas-iscas cultivadas em solos dos municípios de Chapadinha, MA, e Brejo, MA, com diferentes históricos de cultivos. Chapadinha-MA, UFMA, 2021	44
TABELA 8. Medidas de dissimilaridade entre 18 combinação (tipo de solo x planta-isca – S x PI) com base na distância euclidiana média padronizada (D). Chapadinha-MA, UFMA, 2021	45
TABELA 9 . Contribuição relativa para 23 variáveis quantitativas para divergência genética entre 6 sub-amostras de solos de duas diferentes regiões do estado do Maranhão utilizando 2 genótipos de feijão-fava e 1 cultivar de feijão-caupi como plantas-iscas pelo método proposto por SINGH (1981). Chapadinha-MA, UFMA, 2021	49

1. INTRODUÇÃO GERAL

A diversidade e a estrutura dos microrganismos localizados na rizosfera são influenciadas pelo tipo de planta e solo, sendo este último o fator primário para determinar a composição das espécies microbianas presentes e suas funções (RASCHE et al., 2006).

Desta forma, a variação dos fatores físico-químicos do solo e fatores ambientais interagem de maneira complexa, influenciando sobre a diversidade microbiana que atua sobre a promoção do crescimento vegetal por intermédio das interações ecofisiológicas do ambiente rizosférico (CARDOSO; FREITAS, 1992). Porém, a prática da monocultura acarreta o esgotamento dos nutrientes do solo em consequência da demanda nutricional ocasionada pelo uso repetido da mesma espécie ou cultivar (SOUSA, 2019).

O Brasil é um país modelo na aplicação dos benefícios da fixação biológica de nitrogênio - FBN por estirpes de *Bradyrhizobium* na cultura da soja, todavia, a eficiência da FBN pode ser afetada quando ocorre a aplicação de fertilizantes nitrogenados (BORTOLETI et al., 2017). A FBN é um processo natural que ocorre em associações de plantas com bactérias diazotróficas. Seu principal produto, o nitrogênio, que é um nutriente essencial para o crescimento e o desenvolvimento vegetal, revelando a importância desse processo na manutenção da vida na terra. De modo geral, entre os processos biológicos que ocorrem no planeta, é o segundo mais abundante, juntamente com a decomposição da matéria orgânica, perdendo apenas para a fotossíntese (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Um grande número de espécies de leguminosas é capaz de se associar, simbioticamente, com bactérias fixadoras de N₂, denominadas, coletivamente, de rizóbio.

No cultivo das leguminosas é importante o conhecimento sobre a eficiência e a diversidade de grupos-chave de bactérias que se encontram-se na rizosfera do solo. Por ter a capacidade de ser nodulado por uma ampla faixa de rizóbios, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) e o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) podem ser usados como planta-isca em estudos sobre a população de bactérias presentes nos solos, a fim de se obterem dados sobre a sua efetividade na nodulação, competitividade na fixação biológica do nitrogênio. Antunes et al. (2011) identificaram 17 isolados e selecionaram isolados eficientes para nodulação em feijão-fava, contribuindo para a efetividade da FBN. Chagas Junior et al. (2010) ao avaliarem a diversidade fenotípica de rizóbio isolados de solos da Amazônia e suas eficiências simbióticas utilizando o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) como planta-isca, concluiu que os isolados nativos

apresentam diversidade quanto às características morfológicas e fisiológicas com contribuição significativa para o aumento da biomassa.

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas neste sentido, visando estimar a diversidade genética de rizóbios associados a espécies de plantas leguminosas nativas, utilizando o feijão-caupi como planta-isca em diversas regiões, no qual já foram identificados por características morfológicas da colônia e fisiológicas vários grupos de rizóbios capazes de nodular esta leguminosa (MARTINS et al., 1997b; HARA; OLIVEIRA, 2005; SOARES et al., 2006; CHAGAS JR, 2007; SILVA et al., 2005).

Entretanto, o conhecimento das bactérias capazes de nodular o feijão-fava nos solos da região leste maranhense é escasso, existem poucos estudos relacionados. Santos et al. (2011) estudando solos de áreas que apresentavam histórico de mais de dez anos de cultivo do feijão-fava em duas regiões do Estado do Piauí, encontrou 50 estirpes de bactérias pertencentes a três gêneros *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* e *Rhizobium*. Nascimento (2014) identificou que os solos cultivados originalmente, com a espécie utilizada como planta-isca foram os que apresentaram o maior número de nódulos por plantas e que o acesso de feijão-fava de crescimento indeterminado foi o que forneceu a maior diversidade de bactérias isoladas.

Nesse contexto, a busca por conhecimento sobre a biodiversidade de microrganismos desses solos constitui um componente chave para a sustentabilidade, desempenhando papéis importantes na manutenção das propriedades físicas e químicas do solo e no fornecimento de nutrientes para as plantas, assim como o impacto causado na rizosfera dos solos. E estratégias capazes de garantir os mesmos benefícios, mas que apresentem viabilidade econômica e que causem o mínimo de impacto sobre o meio ambiente são necessárias e urgentes.

Desse modo, objetivou-se identificar efeitos da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a rizosfera dos solos com diferentes históricos de cultivo na região do Maranhão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar efeitos da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a rizosfera dos solos com diferentes históricos de cultivo na região do Maranhão.

2.2 Objetivos Específicos

- Coletar sub-amostras de solo para obtenção de nódulos, utilizando o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) como planta-isca.
- Avaliar a biomassa fresca e seca das estruturas vegetativas e reprodutivas do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) usados como planta-isca.
- Caracterizar preliminarmente os nódulos obtidos a partir do uso feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) como planta-isca.
- Armazenar os 10 maiores nódulos obtidos para futuros trabalhos de isolamento de rizóbios.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Impactos ambientais negativos da monocultura no solo

A monocultura é o cultivo de uma única espécie agrícola em determinada área ou região, ocorrendo, com maior intensidade, nas grandes propriedades rurais. Esse modelo é bastante conhecido no Brasil, pois desde que iniciou seu desenvolvimento como país agrário, concentrou seus esforços em culturas específicas, como foi o caso da cana-de-açúcar, do café e, atualmente, da soja (ZIMMERMANN, 2012).

A prática da monocultura está associada a diversos impactos ambientais, como o empobrecimento do solo, a retirada da cobertura vegetal e o desequilíbrio ecológico. A realização da monocultura desencadeia diversos danos ao meio ambiente. Cultivar uma única espécie pode provocar a exaustão do solo, acarretando o esgotamento de seus nutrientes e, conseqüentemente, o empobrecimento nutricional (SOUSA, 2019).

Tendo em vista que boa parte dos impactos são causados pela produção contínua de uma mesma planta e a conseqüente contaminação seja gerada pelo uso indiscriminado de fertilizantes, com o intuito de manter ou recuperar a produtividade da terra, e de agrotóxicos,

indispensáveis para combater as pragas que surgem em razão da uniformização das culturas (ZIMMERMANN, 2012).

A monocultura estende-se para várias culturas como soja (*Glycine max* (L.) Merrill), pinho (*Pinus sylvestris*), eucalipto (*Eucalyptus*). Esta exerce um grande custo ambiental para sua implantação em extensas áreas, pois devido à sua alta transpiração há enormes perdas de recursos hídricos e do solo. Estudos mostram que as plantações de eucalipto reduziram 227 mm por ano (52%) o fluxo fluvial no mundo (BUCKUP, 2006).

3.2 Diversidade da rizosfera

A rizosfera foi definida no início do século XX, por Hiltner, como o volume de solo que recebe influência das raízes de plantas (HILTNER, 1904). Atualmente, é definida como “a região do solo que recebe influência direta das raízes, possibilitando proliferação microbiana” (SILVEIRA; FREITAS, 2007). A rizosfera é constituída por três unidades que interagem entre si: a planta, o solo e os microrganismos (LYNCH, 1990). Possui características distintas do solo e é o local onde ocorre a maior parte das interações entre microrganismos e plantas (PEREIRA, 2000). É neste ambiente que os microrganismos atuam desenvolvendo processos biológicos.

Microrganismos são os seres vivos dominantes no solo rizosférico, tanto em termos de biomassa, correspondendo a mais de 80% da biomassa total (excluindo raízes), quanto de atividade (respiração), e basicamente determinam o funcionamento do ecossistema edáfico (BRUINSMA et al., 2003). Esta intensa atividade microbiana se deve à secreção de compostos pelas raízes, denominados exsudatos, que são compostos por íons, enzimas, mucilagem e diversos outros metabólitos (BAIS et al., 2006). Estes exsudatos influenciam o crescimento de bactérias e fungos que colonizam a rizosfera e, em contrapartida, os microrganismos influenciam a composição e a quantidade de vários componentes dos exsudatos radiculares (YANG; CROWLEY, 2000).

Latour et al. (1999), afirma que a diversidade e a estrutura dos microrganismos na rizosfera são influenciadas pelo tipo de planta e de solo. O tipo de solo parece ser o fator primário em determinar a composição das espécies microbianas e/ou sua função (RASCHE et al., 2006). A variação dos fatores físico-químicos e ambientais entre os diferentes tipos de solo interage de uma maneira complexa, influenciando a diversidade microbiana e sua função. Várias interações ecofisiológicas ocorrem no ambiente rizosférico, e o que se observa, como crescimento e produção vegetal, é resultado dessas interações, favorecendo ou prejudicando a plena expressão do potencial genético da planta (CARDOSO; FREITAS, 1992).

As rizobactérias podem ser classificadas em quatro principais grupos: Diazotróficos promotoras de crescimento vegetal, *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp, e *Rhizobia* (DOBBELAERE et al.,2003; BARRIUSO et al., 2008). As bactérias diazotróficas são consideradas promotoras de crescimento vegetal pela sua habilidade em converter nitrogênio atmosférico em amônia, que pode ser utilizada pela planta (DOBBELAERE et al., 2003).

Os rizóbios são bactérias de modo geral gram-negativas que após se estabelecerem dentro de nódulos radiculares de leguminosas, fixam nitrogênio atmosférico, bem como apresentam capacidade de promoção de crescimento quando associados às raízes de plantas não leguminosas em uma relação não-específica (BHATTACHARJEE et al., 2012). Este grupo é composto por vários gêneros como: *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Allorizhobium* *Sinorhizobium* (BHATTCHARJEE; SINGH; MUKHOPADHYAY, 2008).

3.3 FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é responsável pela fixação de grandes quantidades de nitrogênio, revelando a importância desse processo na manutenção da vida na terra, e entre os processos biológicos que ocorrem no planeta, é o segundo mais abundante, juntamente com a decomposição da matéria orgânica, perdendo apenas para a fotossíntese (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

A fixação biológica de N_2 é mediada por uma parcela dos procariotos que apresenta alta diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética. A maioria das espécies de fixadores de N_2 é de vida livre, ocorrendo em todos os tipos de solo, na rizosfera e filosfera de plantas, em águas doces e salgadas no trato intestinal de certos animais, como os cupins. Alguns fixadores são encontrados em simbiose com fungos, diatomáceas e/ou com várias espécies vegetais, enquanto outros estabelecem relações menos especializadas com plantas, denominadas de modo geral, de associações (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os microrganismos diazotróficos podem ser encontrados em vida livre no solo, associado a plantas contribuindo para o crescimento vegetativo sem a formação de estruturas diferenciadas, ou em simbiose com plantas da família Fabaceae, formando estruturas especializadas denominadas nódulos (SILVA, 2012).

De acordo com Reis e Teixeira (2005), a FBN só é possível porque esses microrganismos fixadores de N_2 , possuem a enzima nitrogenase, caracterizada como um

complexo enzimático responsável pela quebra da ligação tripla do N₂ usando energia celular na forma de adenosina trifosfato (ATP). A enzima, ou o complexo enzimático, é composta de duas unidades: a dinitrogenase redutase (também chamada de componente II ou Fe-proteína) e a dinitrogenase (ou componente I ou MoFe-proteína). Nesse complexo enzimático, essas unidades interagem cooperativamente durante o processo de FBN. Esses autores também afirmaram que são conhecidos três tipos de nitrogenase: uma que possui molibdênio (Mo, nitrogenase-1) e ferro (Fe); outra em que o vanádio (V) substitui o Mo (nitrogenase-2); e uma terceira, que só tem ferro (nitrogenase-3).

A utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio tem despertado interesse no meio agrícola, devido principalmente ao seu impacto econômico. Uma vez que são capazes de fixar biologicamente cerca de 85% do nitrogênio necessário às plantas (SOUZA, 2001). O maior destaque ainda está na simbiose existente entre a família das leguminosas com o gênero *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*. No entanto, avanços nessa área tem demonstrado a capacidade de outras espécies de bactérias diazotróficas em fixar nitrogênio em gramíneas como espécies de *Azospirillum* sp., *Herbaspirillum seropedicae* e *Gluconacetobacter diazotrophicus* (BALDANI; BALDANI, 2005).

A utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam leguminosas (BFNNL) em culturas de leguminosas tem sido amplamente estudada. No Brasil, atualmente, a fixação biológica de nitrogênio supre totalmente as necessidades de N no cultivo de soja (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Outras culturas ainda não são totalmente supridas com o nitrogênio fixado biologicamente, mas estudos têm avançado muito, principalmente em culturas de feijão comum (LAMMEL et al., 2013; SOARES et al., 2006b; YAGI et al., 2015) e feijão-caupi (COSTA et al., 2014; SOARES et al., 2006a; ZILLI et al., 2006).

3.4 Formas de identificar a variabilidade da rizosfera

Segundo Melloni et al., (2006), a diversidade e a eficiência de tais bactérias é principalmente estimada a partir da coleta ou cultivo de plantas-iscas, em solos de determinadas áreas, usadas como fonte de inóculo, das quais são extraídos os nódulos, que passam pelas etapas de desinfecção e isolamento, realizado em meio de cultura específico para o crescimento de rizóbios. Obtido os isolados, as colônias de bactérias passam por caracterizações fenotípicas, genotípicas, bioquímicas e filogenéticas (SILVA et al., 2007; FREITAS et al., 2007). A eficiência dos rizóbios é verificada através da avaliação da matéria seca da parte aérea,

concentração de nitrogênio, número, matéria fresca e atividade de nódulos presentes (MELLONI et al., 2006; VIEIRA et al., 2005).

Os estudos sobre a divergência genética, utiliza-se as técnicas multivariadas, onde a avaliação simultânea de vários caracteres, permite inúmeras inferências a partir do conjunto de dados existentes (CRUZ et al., 2004). Essas técnicas, empregadas tanto para caracteres expressos por dados quantitativos quanto qualitativos, têm facilitado o estudo sobre a diversidade de diferentes grupos de organismos e gerado informações importantes para o melhoramento, manutenção dos recursos genéticos vegetais (RIBEIRO et al., 2005; BENIN et al., 2002) e identificação de microrganismos (SILVA et al., 2007; FREITAS et al., 2007).

Melloni et al., (2006) avaliaram a eficiência e a diversidade fenotípica de populações de bactérias noduladoras de leguminosas e fixadoras de N_2 (BNLFN) em solos de áreas de mineração de bauxita, nos ambientes de campo e serra, baseados nas seguintes características culturais: tempo de crescimento, diâmetro da colônia, alteração do meio e produção de goma. Os autores construíram dois dendrogramas de similaridade, um para os isolados de feijão-caupi e outro para feijão-comum utilizados como plantas-isca. O feijão-caupi mostrou-se com um maior número de grupos de diversidade, em ambos os ambientes. De acordo com Santos et al., (2007), e Melloni et al., (2006), além do número de grupos de diversidade, a caracterização fenotípica de isolados também pode estimar a diversidade das populações de rizóbio através dos índices: Shanon e Weaver, riqueza de Margalef e outros, aplicados quando populações são obtidas de formas diferenciadas, como isolamento dos microrganismos coletados sob diferentes áreas, coberturas vegetais e ou diferentes manejos.

Vários autores, avaliando a diversidade de rizóbios, utilizando feijão-caupi como planta isca em diversas regiões, encontraram vários grupos de rizóbios capazes de nodular esta leguminosa, baseados em características morfológicas da colônia e fisiológicas da associação (MARTINS et al., 1997b; HARA; OLIVEIRA, 2005; SOARES et al., 2006; CHAGAS JR, 2007; SILVA et al., 2005). Dentro dos grupos foram encontradas estirpes com diferentes níveis de eficiência em relação à FBN em caupi em experimentos conduzidos em casa de vegetação e campo.

3.5 Impactos da sojicultura

Os sistemas de monoculturas, como a soja, foram viabilizados graças aos avanços do setor industrial agrícola e das pesquisas nas áreas de química, mecânica e genética. Este pacote tecnológico data do início da década de 1970 e ficou conhecido como “Revolução Verde”. Este

advento levava a crer que o aumento da produção e produtividade agrícola proporcionado por ele solucionaria a questão da fome no mundo (EHLERS, 1994).

Mueller (1995) questionou a sustentabilidade das tecnologias advindas da “Revolução Verde” e citou os impactos provocados por esta nos cerrados: a) compactação e impermeabilização dos solos pelo uso intensivo de máquinas agrícolas; b) erosão; c) contaminação das águas, alimentos e animais por agrotóxicos; d) impactos detrimenais da retirada da vegetação nativa de áreas contínuas extensas; e) assoreamento de rios e reservatórios; f) aparecimento de novas pragas ou aumento das já conhecidas g) risco à sobrevivência de espécies vegetais e animais com a perda de habitat natural devido a expansão agrícola.

Assim, os métodos convencionais de preparo do solo, como o plantio convencional (PC) que é caracterizado pelo uso de semeadura com preparo mecânico do solo, através da aração e da gradagem, têm tido um impacto negativo no solo, bem como na construção da estrutura do solo e na sua manutenção (MARTIUS et al., 2001). Baixas quantidades de nutrientes, redução da atividade microbiana e matéria orgânica e acidificação do solo, são algumas consequências do uso de tecnologias inadequadas de solos aráveis (VARGAS; HUNGRIA, 2000; BALOTA et al., 2004).

Os sistemas conservacionistas como o plantio direto (PD) que consiste do não revolvimento do solo para a semeadura, apenas com a abertura de um pequeno sulco para entrada da semente, dos fertilizantes e de outros insumos, quando necessários estão sendo implementados a fim de otimizar a exploração agropecuária nos sistemas de produção conduzidos em plantio direto com rotação entre lavoura e pecuária. Em muitos casos, o PD considera a cobertura do solo, adubação verde, terraceamento e a adubação orgânica (HUNGRIA et al., 1997).

Segundo Lal (1991), a rotação entre culturas anuais e pastagens é uma das alternativas para se obter um manejo sustentável do solo e da água nos trópicos. De acordo com MELO (1996), este sistema tem demonstrado ser uma técnica e economicamente viável (SILVA et al., 2008). As leguminosas contribuem com nitrogênio, beneficiando, com isso, as pastagens subsequentes e os animais na reciclagem de nutrientes, com retorno ao sistema dos nutrientes contidos no tecido vegetal através de dejetos (SILVA et al., 2008).

Um dos principais fatores responsáveis pela expansão e competitividade da cultura da soja é a sua capacidade de simbiose com bactérias pertencentes às espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, fixadores de nitrogênio atmosférico. Quando esse sistema

simbiótico for ineficiente, faz-se necessário à aplicação de fertilizantes nitrogenados, no entanto essa pratica poderá afetar a nodulação e conseqüentemente a fixação biológica de nitrogênio (BORTOLETI et al., 2017).

Neste contexto, a FBN é um processo fundamental na sustentabilidade e as condições físicas, químicas e biológicas do solo frente a um determinado manejo podem influenciar na simbiose (planta/microrganismo). A diversidade genética de *Bradyrhizobium* spp pode ser afetada, uma vez que as bactérias que fixam nitrogênio em plantas de soja são caracterizados por apresentarem uma plasticidade genômica (APUNNU et al 2008; LIMA et al., 2005; GALLI-TERASAWA et al., 2003), envolvendo transferência horizontal (BARCELLOS et al., 2007; QUIAN et al., 2003; MOULIN et al., 2004) e vertical (MOULIN et al., 2004) de genes, recombinação gênica incluindo deleção, inserção e integração de vários elementos do DNA (SAWADA et al., 2003; VINUESA et al., 2005; BATISTA et al., 2007;).

3.6 Solos degradados no Nordeste

A degradação do solo pode ser definida como um processo que reduz a capacidade atual ou potencial do solo para produzir bens ou serviços. O solo é considerado degradado se os processos naturais e antropogênicos atuantes diminuírem a quantidade e qualidade da produção de biomassa, encarecendo os custos com a recuperação (SNAKIN et al., 1996).

Estudos feitos por Lemos (2001) apontam que a região Nordeste apresenta um Índice de Degradação (ID) médio de 80,09% de sua área, levando-se em consideração indicadores econômicos, sociais e biológicos.

Fernandes e Medeiros (2009) afirmaram que a região Nordeste por possuir características que a torna limitante para algumas atividades agropastoris e um histórico de ações mitigadoras equivocadas, responsáveis por um desenvolvimento limitado, a coloca com sérios problemas de ordem ambiental, principalmente pelo desmatamento e queimadas. O desmatamento também está ligado a prática da agropecuária e a agricultura, onde ocorre a retirada da vegetação para a realização de tais atividades. Na maioria das vezes utilizam técnicas que impactam os recursos naturais, como a queimada da vegetação, ocorrendo a perda da fertilidade do solo e ocasionando várias outras conseqüências, como o aumento do escoamento superficial e diminuição do volume de água infiltrada no subsolo para recarga dos aquíferos (BARROS, 2009).

Para Sampaio et al., (2003) erosão é a mais grave causa de degradação do semiárido Nordeste, por sua irreversibilidade, pela grande extensão de solos rasos, pelos aguaceiros intensos e pela agricultura em áreas de declividade alta e sem qualquer medida de prevenção.

O principal efeito da degradação do solo agrícola de acordo com Araújo (2010) é o declínio na produtividade ou uma necessidade crescente do aporte de nutrientes para manter as produtividades, uma vez que “os subsolos geralmente contem menos nutrientes do que as camadas superiores, sendo necessários mais fertilizantes para manter a produtividade das culturas. Isso, por sua vez, aumenta os custos de produção. Além do mais, a adição somente de fertilizantes não pode compensar todos os nutrientes que se perdem quando a camada superior erode”.

3.7 Plantas-iscas/armadilhas

A captura dos microrganismos na rizosfera das plantas é feita com a utilização de planta-isca, cuja principal característica é a promiscuidade, constituindo um dos métodos mais utilizados para avaliar a diversidade de bactérias noduladoras de leguminosas e fixadoras de N₂ (BNLFN) nos solos. Devido a baixa especificidade hospedeira, o feijão-caupi e o feijão-fava é muito usado como planta-isca para captura de rizóbio em estudos de diversidade (MARTINS et al., 1995; ZILLI et al., 2001; LEITE et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2012; JARAMILLO et al., 2013; SANTOS et al., 2011). Essa baixa especificidade na interação com os rizóbios pode também refletir na interação com bactérias endófitas de nódulos.

Hungria (1994) recomenda a coleta de nódulos para isolamento ou de solos que serão utilizados como fonte de inóculos, em um raio de 30 cm da planta-isca, na profundidade de 0 a 20 cm. O isolamento normalmente é realizado a partir da seleção aleatória dos maiores nódulos, de coloração intensa avermelhada, firmando a presença de leghemoglobina e consequente fixação ativa de N₂.

3.8 Feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)

O feijão-fava, considerada a espécie mais importante do gênero depois do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), é uma leguminosa tropical caracterizada por elevada diversidade genética e elevado potencial de produção, que se adapta às mais diferentes condições ambientais, mas desenvolve-se melhor nos trópicos úmidos e quentes (MAQUET et al., 1999). A cultura do feijão-fava se adéqua melhor em solo areno-argiloso, fértil e bem drenado, tendo bom rendimento com pH entre 5,6 e 6,8 (VIEIRA, 1992).

O centro de domesticação Mesoamericano do feijão-fava está distribuído na região México-Guatemala, se estendendo a algumas ilhas do Caribe e em determinadas regiões no Panamá. Enquanto o grupo Andino se restringe às regiões dos Andes, que vai do norte do Peru até o Equador e em poucas regiões no Chile e na Bolívia (DEBOUCK et al., 1987; LIOI et al., 1998; FOFANA et al., 2001).

Segundo Hardy et al. (1997), o *Phaseolus lunatus* L. é uma espécie plurianual, predominantemente autógama, com aproximadamente 10% de taxa de cruzamento natural. De acordo com Beyra e Artiles (2004), o hábito de crescimento dessa espécie pode ser indeterminado trepador, com o desenvolvimento da gema terminal em uma guia, ou determinado anão com desenvolvimento completo da gema terminal em uma inflorescência. O feijão-fava se destaca como uma das culturas da região Nordeste do Brasil, cultivado em regime de sequeiro, com pouco uso de tecnologias, por agricultores familiares, resultando em baixos índices de produtividade, e grande oscilação na produção

De acordo com Zimmermann e Teixeira (1996), o *Phaseolus lunatus* L pode ser identificado como uma leguminosa de germinação epígea; com folhas trifoliadas geralmente apresentando coloração escura, mais persistente que em outras espécies do gênero, mesmo depois do amadurecimento das vagens; bractéolas pequenas e pontiagudas; vagens bastante compridas e de forma geralmente oblonga e recurvada, com duas alturas distintas (ventral e dorsal) e número de sementes por vagem variando de duas a quatro.

3.9 Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.)

O feijão-caupi é uma dicotiledônea, pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Embora nas primeiras classificações tenha sido posto em outros gêneros, como *Phaseolus* e *Dolichos*, todavia sua colocação em *Vigna* é mundialmente aceita (WETZEL et al.; 2005).

O feijão-caupi é uma cultura anual, apresentando germinação epígea, com seus cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal. Seu sistema radicular é axial, com raízes superficiais, porém, podem atingir 2,0 m de profundidade, característica que confere a espécie tolerância a períodos extensos sem irrigação. Em suas raízes é comum encontrar nódulos que auxiliam na absorção de nitrogênio através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada por microrganismos genericamente conhecidos como rizóbios (CHAGAS JUNIOR et al., 2009).

Suas flores são do tipo cimeira, localizadas na axila da folha, com pedúnculos variando de acordo com as cultivares. Apresentam vagens com forma e tamanhos variáveis, suas sementes estão dispostas em fileiras, cuja forma, tamanho e cor de tegumento também são variáveis com a cultivar (MAFRA, 1979).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. E. L. ; ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de ; GOMES, R. L. F. ; LOPES, Ângela Celis de Almeida ; FIGUEIREDO, Márcia do Vale Barreto ; LYRA, M.C.C.P. . **Eficiência simbiótica de isolados de rizóbio noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 751-757, 2011.

APPUNNU, C; ZOUE,A; LAGUERRE, G. Genetic Diversity of Native Bradyrhizobia Isolated from Soybeans (*Glycine max* L.) in Different Agricultural-Ecological-Climatic Regions of India. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v 74, n.19, p.5991-5996.

ARAUJO, Gustavo Henrique de Souza; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira. *Gestão Ambiental de áreas degradadas*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BAIS, H. P.; WEIR, T. L.; PERRY, L. G.; GILROY, S.; VIVANCO, J. M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**, v.57, p.233-266, 2006.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants:special emphasis on the Brazilian experience. **An. Acad. Bras, Ciênc.**, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005

BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization. **Soil & Tillage Research**, v.77, p.137-145, 2004.

BARCELLOS, F. G.; MENNA, P.; BATISTA; J. S. S.; HUNGRIA M. Evidence of horizontal transfer of symbiotic genes from a Bradyrhizobium japonicum inoculant strain to indigenous diazotrophs Sinorhizobium (Ensifer) fredii and Bradyrhizobium elkanii in a Brazilian Savannah soil. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 73, p.2635–2643. 2007.

BARRIUSO, J.; Solano, B. R.; Lucas, J. A.; Lobo, A. P.; García-Villaraco, A.; Mañero, F. J. G. (2008) Ecology, genetic diversity and screening strategies of plant growth promoting rhizobacteria.. In: Ahmad, I.; Pichtel, J.; Hayat, S. (ed). **PlantBacteria Interactions. Strategies and Techniques to Promote Plant Growth**, p. 1-17.

BARROS, Fernando de Sousa. 2009. **A ação do homem no processo de destruição do cerrado**. Trabalho de conclusão de curso de geografia. Faculdade Projeção. Taguatinga-DF.

BATISTA, J. S. S.; HUNGRIA, M.; BARCELLOS, F. G.; FERREIRA, M. C.; MENDES, I. C. Variability in *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* seven years after introduction of both the exotic microsymbiont and the soybean host in a Cerrados soil. **Microbial Ecology**, New York, v.53, p. 270-284, 2007.

BENIN, G.; CARVALHO, F.I.F. DE; ASSMANN, I.C.; CIGOLINI, J.; CRUZ, P.J.; MARCHIORO, V.S.; LORENCETTI, C.; SILVA, J.A.G. Identificação da dissimilaridade genética entre genótipos de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo preto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.3, p.179-184, 2002.

BEYRA, A.; ARTILES, G. R. 2004. Revisión taxonômica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae – Papilionoideae) en Cuba. **Anales Del Jardín Botánico de Madrid**. v.61, n.2, p.135-154.

BHATTACHARJEE, R. B. et al. Indole acetic acid and ACC deaminase-producing *Rhizobium leguminosarum* bv. *Trifolii* sn10 promote rice growth, and in the process undergo colonization and chemotaxis. **Biol Fertil Soils**, v. 48, p. 173-182, 2012.

BHATTACHARJEE, R. B.; SINGH, A.; MUKHOPADHYAY, S. N. Use of nitrogenfixing bacteria as biofertiliser for non-legumes: prospects and challenges. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 80, p. 199-209, 2008.

BORTOLETI, A.; FREITAS, E. S.; VIEIRA, J. R.; GONÇALVES, L. G.; OLIVEIRA, J. A. G. A importância da cultura da soja e a inoculação junto à fixação biológica de nitrogênio atmosférico. *Rev. Conexão Eletrônica – Três Lagoas, MS - Volume 14 – Número 1, 2017.*

BRUINSMA, M.; KOWALCHUK, G.A.; VAN VEEN, J.A. Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p.329-337, 2003.

BUCKUP, L. **A monocultura com eucaliptos e a sustentabilidade**. Porto Alegre, março, 2006 [Documento Online]. Disponível em: <http://www.territoriosdacidadania.gov.br/porta/saf/arquivos/view/ater/artigos-e-revistas/A_Monocultura_com_Eucaliptos_e_a_Sustentabilidade_.pdf> Acesso em: 11/09/2019.

CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, S. S. A rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.), **Microbiologia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.41-57. 1992.

CARDOSO, E.J.B.N.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba, São Paulo. 2016, 221p.

CHAGAS JR., A.F. 2007. Características agronômicas e ecológicas de rizóbios isolados de solos ácidos e de baixa fertilidade da Amazônia. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Amazonas - UFAM/ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. 157p.

CHAGAS JUNIOR, A. F. ; OLIVEIRA, L. A. ; OLIVEIRA, A.N. . Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. *Acta Scientiarum. Agronomy (Online)* , v. 32, p. 161-169, 2010.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N.; WILLERDING, A. L. Efetividade de rizóbios e caracterização fenotípica dos isolados que nodulam feijão-caupi em solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica** vol. 39 p. 489 – 494. 2009.

COSTA, E. M. et al. Growth and yield of the cowpea cultivar BRS Guariba inoculated with rhizobia strains in southwest Piauí. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 3073-3084, nov./dez. 2014.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

DEBOUCK, D. C.; LINAN, J. J. H.; CAMPANA, S. A.; CRUZ ROJAS, J. H. Observation on the domestication of *Phaseolus lunatus* L. FAO/IBPGH. **Plant Genet Res Newslet** v.70, p.26-32, 1987.

DOBBELAERE S, VANDERLEYDEN J and Okon Y (2003) Plant growthpromoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *CRC Crit Rev Plant Sci* 22:107-149.

EHLERS, E. M. **O que se entende por agricultura sustentável?** 1994. 161 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, J. D; MEDEIROS, A. J de. 2009. **Desertificação no Nordeste: Uma aproximação sobre o fenômeno do Rio Grandes do Norte.** *Holos*, 25, Vol.3.

FOFANA, B.; JARDIN, P.; BAUDION, J. P. Genetic diversity in the lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) as revealed by chloroplast DNA (cpDNA) variations. **Genetic Resources and Crop Evolution**. v.00, p.1-9, 2001.

FREITAS, A.D.S. DE; VIEIRA, C.L.; SANTOS, C.E. DE E.S.; STAMFORD, N.P.; LYRA, M. DO C.C.P. DE. Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino do Estado de Pernambuco, Brasil. **Bragantia**, v.66, n.3, p.497-504, 2007.

GALLI-TERASAWA, L. V.; HUNGRIA, M.; GLIENKE-BLANCO, C. Diversity of a soybean rhizobial population adapted to a Cerrados soil. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, London, v.19.p 933-939, 2003.

GUIMARÃES, A. A.; JARAMILLO, P. M. D.; NÓBREGA, R. S. A.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, K. B.; MOREIRA, F. M. S. **Genetic and symbiotic diversity of nitrogen-fixing bacteria isolated from agricultural soils in the Western Amazon by using cowpea as the trap plant.** *Applied and Environmental Microbiology*, v. 78, n. 18, p. 6726-6733, 2012.

HARA, F.A.S.; OLIVEIRA, L.A. 2005. Características fisiológicas e ecológicas de rizóbios oriundos de solos ácidos de Iranduba, Amazonas. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 40(7):667-672.

HARDY O.; DUBOIS, S.; ZORO BI, I.; BAUDOIN, J.P. Gene dispersal and its consequences on the genetic structure of wild populations of Lima bean (*Phaseolus lunatus*) in Costa Rica. **Plant Genetic Resources Newsletter**, n.109, p.1-6, 1997.

HILTNER, L. Uber neue erfahrungen und probleme auf dem gebiete der bodenbakteriologie. **Arbeiten der Deutschen Landwirtschaft Gesellschaft**, v.98 p.59–78, 1904

HUNGRIA. M. & ARAÚJO, R. S. **Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola.** Brasília: EMBRAPA, 1994. 542 p.

JARAMILLO, P. M. D.; GUIMARÃES, A. A.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, K. B.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. **Symbiotic nitrogen-fixing bacterial populations**

trapped from soils under agroforestry systems in the Western Amazon. *Scientia Agricola*, v. 70, n. 6, p. 397-404, 2013.

LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. **Soil and Tillage Research**, v.20, p.133-146, 1991.

LAMMEL, D. R. et al. Diversity and symbiotic effectiveness of beta-rhizobia isolated from sub-tropical legumes of a Brazilian Araucaria Forest. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 29, n. 12, p. 2335-2342, July 2013.

LATOUR, X; PHILIPPOT, L.; CORBERAND, T.; LEMANCEAU, P. The establishment of an introduced community of fluorescent pseudomonads in the soil and in the rhizosphere is affected by the soil type. **FEMS Microbiology Ecology**, v.30, p.163–170, 1999.

LEITE, J.; SEIDO, S. L.; PASSOS, S. R.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V. **Biodiversity of rhizobia associated with cowpea cultivars in soils of the lower half of the São Francisco River Valley.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 5, p. 1215-1226, 2009.

LEMOS, José de Jesus Souza. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza**, v.32, n. 3, 2001. p.406-429.

LIMA, A.S.; PEREIRA, J.P.A.R.; MOREIRA, F.M.S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp de solos da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.1095-1104, 2005.

LIOI, L.; LOTTI, C.; GALASSO, I. Isozyme diversity, RFLP of the rDNA and phylogenetic affinities among cultivated Lima beans, *Phaseolus lunatus* (Fabaceae). **Plant Systematics and Evolution**. v.213, p.153-164, 1998.

LYNCH, J. M. Introduction: some consequences of microbial competence for plant and soil. In: LYNCH, J. M. (Eds.) **The Rhizosphere**, John Wiley & Sons, Chichester, Reino Unido, p. 1–10, 1990.

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo do “feijão massacar”:** fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: Curso de treinamento para pesquisadores de feijão-caupi, 1, 1979, Goiânia. Assuntos abordados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/IITA, 1979.

MAQUET, A.; VEKEMANS, X.Z.; BAUDOIN, J.P. Phylogenetic study on wild allies of lima bean, *Phaseolus lunatus* L. (Fabaceae), and implications on its origin. **Plant Systematics and Evolution**, v.218, n.1-2, p.43-54, 1999.

MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N. G.; NEVES, M. C. P. **Diversity of Cowpea Nodulating Rhizobia Isolated from the Semi-Arid Northeastern Region of Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 67, supl. 3, p. 467-471, 1995.

MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; Neves, M.C.P.; Rumjanek, N.G. 1997b. **Características relativas ao crescimento em meio de cultura e a morfologia de colônias de “rizóbio”**. Seropédica. **Embrapa Agrobiologia**. 14p. (Embrapa-CNPAB. Comunicado Técnico no 19).

MARTIUS, C.; TIESSEN, H.; VLEK, P.L.G. **Managing soil organic matter in tropical soils: scope and limitations**. Dordrecht: Kluwer, 2001. 235p.

MELLONI, R. et al. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi [*Vigna unguiculata*(L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.235-246, 2006.

MELO, J.S. Fundamentos para integração lavourapecuária no sistema plantio direto. *Rev. Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 36, p. 12-13, 1996.

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

MOULIN, L.; BENA, G.; MASSON-BOIVIN, C.; STEZPKOWSKI, T. Phylogenetic analyses of symbiotic nodulation genes support vertical and lateral gene co-transfer within the Bradyrhizobium genus. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v.30,p. 720–732, 2004.

MUELLER, C. C. **A sustentabilidade da expansão agrícola nos cerrados**. Instituto Sociedade, População e Natureza – Documento de Trabalho n.36, 1995. (mimeo).

NASCIMENTO, A. R. L. **Diversidade e caracterização de rizóbios associados ao feijão-fava no semiárido**. 2014. 53 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada.

PEREIRA, J. C.; NEVES, M. C. P.; GAVA, C. A. T. Efeito do cultivo da soja na dinâmica da população bacteriana, em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1183-1190, 2000.

QUIAN, J.; KWON, S. W.; PARKER, M. A. **rRNA and nifD phylogeny of Bradyrhizobium from sites across the Pacific basin**. FEMS Microbiology Letters, Geneva, v. 219, p 159-165, 2003.

RASCHE, F.; HOLD, V.; POLL, C.; KANDELER, E.; GERZABEK, M. H.; VAN ELSAS, J. D.; SESSITSCH, A. Rhizosphere bacteria affected by transgenic potatoes with antibacterial activities compared to the effects of soil, wild-type potatoes, vegetation stage and pathogen exposure. **FEMS Microbiology Ecology**, v.56, p.219–235, 2006.

REIS V.M.; TEIXEIRA K.R.S. Fixação Biológica de Nitrogênio - Estado da Arte. In: AQUINO A.M; ASSIS, R. L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. EMBRAPA Informação tecnológica. p. 151-180, 2005. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap6IDcgUrYruYKy.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2019

RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POERSCH, N.L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dissimilaridade genética para teor de proteína e fibra em grãos de feijão dos grupos preto e de cor. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p.167-173, 2005.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, G.R. **Desertificação no Brasil**. Recife, Editora Universitária, 202p. 2003.

SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.; NEVES, M. C. P.; RUNJANEK, N. G. L.; BORGES, W.; BEZERRA, R. V.; FREITAS, A. D. S. Diversidade de rizóbios capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.4, p.249-256, 2007.

SANTOS, J. O. ANTUNES, J. E L.; ARAÚJO, A. S. F.; LYRA, M. C. C. P.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; FIGUEREIDO, M. V. B. **Genetic diversity among native isolates of rhizobia from Phaseolus lunatus**. *Annals of Microbiology*, v.61, n.3, p.447-444, 2011

SAWADA, H.; KUYKENDALL, L.D.; YOUNG, J. M.; **Changing concepts in the Systematics of bacterial nitrogen-fixing legume symbionts**. *Journal of Genetic and Applied Microbiology*, v. 49, p. 155-179, 2003.

SILVA, A. T. da. **Diversidade de bactérias simbióticas e não simbióticas isoladas de nódulos de siratro**. 2012. 93 p. Dissertação (Mestrado em Biologia, Microbiologia e Processos Biológicos do Solo) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, A.F.; NASCIMENTO, L.R.S.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.D.S.; LYRA, M.C.C.P.; SAMPAIO, E.V.S.B. 2005. **Isolamento e caracterização morfofisiológica de isolados de rizóbio em associação com caupi oriundos do Estado da Paraíba.** In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Anais ...Recife. CD ROOM.

SILVA, R. F; AQUINO, A. M.de ; MERCANTE, F. M. ; GUIMARAES, Maria de Fatima . **Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado.** Acta Scientiarum. Agronomy (Impresso), v. 30, p. 725-731, 2008.

SILVA, V.N. DA; L.E. DE S.F. DA; FIGUEIREDO, M. DO V.B.; CARVALHO, F.G. DE; SILVA, M.L. R.B. DA. Caracterização e seleção de populações nativas de rizóbios de solo da região semi-árida de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.1, p.16-21, 2007.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. **Instituto Agrônômico**, 312p., 2007.

SNAKIN, V.V.; KRECHETOV, P.P.; KUZOVNIKOVA, T.A.; ALYABINA, I.O.; GUROV, A.F. & STEPICHEV, A.V. **The system of assessment of soil degradation.** *Soil Technol.*, 8:331-343, 1996.

SOARES; A.L.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.; VALE, H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. 2006. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG).** I – Caupi. *R. Bras. Ci. Solo*, 30(5):795- 802.

SOUSA, Rafaela. **"Monocultura"; Brasil Escola.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/monocultura.htm>.> Acesso em 11 de setembro de 2019.

SOUZA, M. L. de. Utilização de microrganismos na agricultura. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 21, p. 28-31, 2001.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil.** *Field Crops Research*, Amsterdam, v.65, p. 151-164, 2000.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Fixação biológica do N₂ na cultura da soja.** In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M.,. *Biologia dos solos de Cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.297-360.

- VIEIRA, R.F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, v.16, n.174, p.30-37, 1992.
- VIEIRA, R.F.; TSAI, S.M.; TEIXEIRA, M.A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.10, p.1047-1050, 2005.
- VINUESA, P.; SILVA, C.; WERNER, D.; MARTINEZ-ROMERO, E. **Population genetics and phylogenetic inference in bacterial molecular systematics: the roles of migration and recombination in Bradyrhizobium species cohesion and delineation**. *International Phylogenetic and Evolution*, v.34, p.29-54, 2005.
- WETZEL, M.M.Y.V.S. ET AL., Recursos genéticos de Feijão-caupi: coleção ativa. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. Org.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa Meio-Norte, 2005. p.185-221.
- YAGI, R. et al. Nodulations and grain yields of common beans in response to nitrogen fertilization or seed inoculation with *Rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 39, n. 6, p. 1661-1670, nov./dez. 2015.
- YANG, C.H.;CROWLEY, D.E. Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. **Applied and Environmental Microbiology**, v.66, p.345-351,2000.
- ZILLI, J. E. et al. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 41, n. 5, p. 811-818, maio 2006.
- ZILLI, J. F. **Caracterização e seleção de estirpes de rizóbio para inoculação de caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) em área do Cerrado**. 2001. 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ.
- ZIMMERMANN, Cirlene Luiza . Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Juris Plenum Ouro** , v. 24, p. 20, 2012.
- ZIMMERMANN, M.J.O; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. eds. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS)**, 786p, 1996.

1 **ANÁLISES MULTIVARIADAS PARA DETERMINAÇÃO DA DIVERSIDADE**
2 **GENÉTICA DA RIZOSFERA DE SOLOS DO LESTE MARANHENSE.**

3 **RESUMO**

4 A monocultura da soja altera a comunidade microbiana dos solos, todavia, os impactos dessa
5 tecnologia sobre as bactérias nativas ou outros microrganismos benéficos ao solo no estado do
6 Maranhão ainda não foram estudados. Assim, objetivou-se estimar a diversidade genética da
7 rizosfera de solos do Leste Maranhense sob três tipos de manejo agrícolas. Os dois genótipos
8 de feijão-fava (UFPI-1346 e UFPI-1347) e a uma cultivar de feijão-caupi (BRS Aracê)
9 utilizados como plantas-iscas foram cultivados em amostras de solos coletadas em dois
10 municípios do Maranhão, Chapadinha e Brejo. Os solos fontes de inóculo foram selecionadas
11 de acordo com o histórico de cultivo: cultivo de feijão-fava (*P. lunatus* L.) – S1; cultivo de soja
12 (*G. max* (L.) Merrill) – S2 e vegetação nativa – S3. A avaliação das plantas foi realizada aos 45
13 dias após o plantio a partir de vinte e três variáveis, incluindo informações fenológicas das
14 plantas e dos nódulos desenvolvidos. A microbiota desenvolvida em solos do Leste Maranhense
15 diferentes históricos de cultivo e manejo agrícolas possui variabilidade genética. O crescimento
16 vegetativo dos genótipos de feijão-fava e feijão-caupi foi influenciado pela composição da
17 rizosfera presente em cada solo do Leste Maranhense avaliado. Os caracteres número de
18 nódulos e massa fresca total são os que mais contribuem para a divergência total entre os tipos
19 de solos do Leste Maranhense e plantas-iscas estudados.

20

21 **Palavras-chave:** Rizosfera; Rizóbios; Diversidade.

22 **MULTIVARIATED ANALYSIS FOR DETERMINING THE GENETIC DIVERSITY OF**
23 **THE SOIL RHIZOSPHERE EAST REGION OF MARANHÃO STATE**

24

25 **ABSTRACT** - The soybean monoculture alters the soil microbial community, however, the
26 impacts of this technology on native bacterial or other microorganisms beneficial to the soil in
27 the state of Maranhão have not yet been studied. Thus, the objective was to estimate the genetic
28 diversity of the rhizosphere of soils in the east region of Maranhão State of under three types
29 of agricultural management. The two genotypes of fava beans (UFPI-1346 and UFPI-1347) and
30 a cowpea cultivar (BRS Aracê) used as bait plants were grown in soil samples collected east
31 region of Chapadinha and Brejo, Maranhão State. The soil sources of inoculum were selected
32 according to the cultivation history: cultivation of fava beans (*P. lunatus* L.) - S1; soybean
33 cultivation (*G. max* (L.) Merrill) - S2 and native vegetation - S3. The evaluation of the plants
34 was carried out at 45 days after planting from twenty-three variables, including phenological
35 information about the plants and the developed nodules. The microbiota developed in soils of
36 Eastern Maranhense different histories of cultivation and agricultural management has genetic
37 variability. The vegetative growth of the genotypes of fava beans and cowpea beans was
38 influenced by the composition of the rhizosphere present in each soil of the east region of
39 Maranhão State evaluated. The traits number of nodules and total fresh mass are the ones that
40 most contribute to the total divergence between the types of soils from the east region of
41 Maranhão State and the studied bait plants.

42 **Keywords:** Rhizosphere; Rhizobia; Diversity.

43 INTRODUÇÃO

44 A diversidade microbiana do solo é um fator importante para a sustentabilidade de
45 ecossistemas, em que a redução ou extinção pode causar desde a perda de funções do solo com
46 impactos sobre à produtividade, assim como a redução da capacidade dos sistemas agrícolas de
47 superar períodos de estresses (GILLER et al., 1997). A fixação biológica do nitrogênio constitui
48 um dos sistemas de fundamental importância na sustentabilidade agrícola que pode ser
49 prejudicado.

50 Segundo Chagas Junior (2010), a caracterização fenotípica de bactérias contribui para o
51 conhecimento da sua diversidade em coleções e para a utilização posterior em sistemas
52 agrícolas. Pois a diversidade e a eficiência de tais bactérias é principalmente estimada a partir
53 da coleta ou cultivo com plantas-iscas, em solos de determinadas áreas que servem como fonte
54 de inóculo (MELLONI et al., 2006).

55 Existem poucos trabalhos que relaciona o efeito residual de uma determinada cultura
56 sobre a diversidade presente na rizosfera. Durante o cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill),
57 por exemplo, se faz o uso de técnica de inoculação, visando que os rizóbios do inoculante
58 colonizem o solo e seu efeito possa permanecer por alguns anos (DELLAVALLE FILHO, C,
59 R, 2010). Todavia, o impacto dessa tecnologia sobre as bactérias nativas ou outros
60 microrganismos benéficos ao solo ou que impactam sobre a fenologia das plantas são
61 desconhecidos.

62 As análises multivariadas constituem em abordagens biométricas que permitem estimar
63 e entender a diversidade genética de diferentes organismos. É realizado por meio da avaliação
64 simultânea de vários caracteres, que permitem inúmeras inferências a partir do conjunto de
65 dados existentes (CRUZ et al., 2004). São amplamente já empregadas em estudos sobre a
66 diversidade de microrganismos (FERREIRA et al., 2008; SILVA et al., 2009)

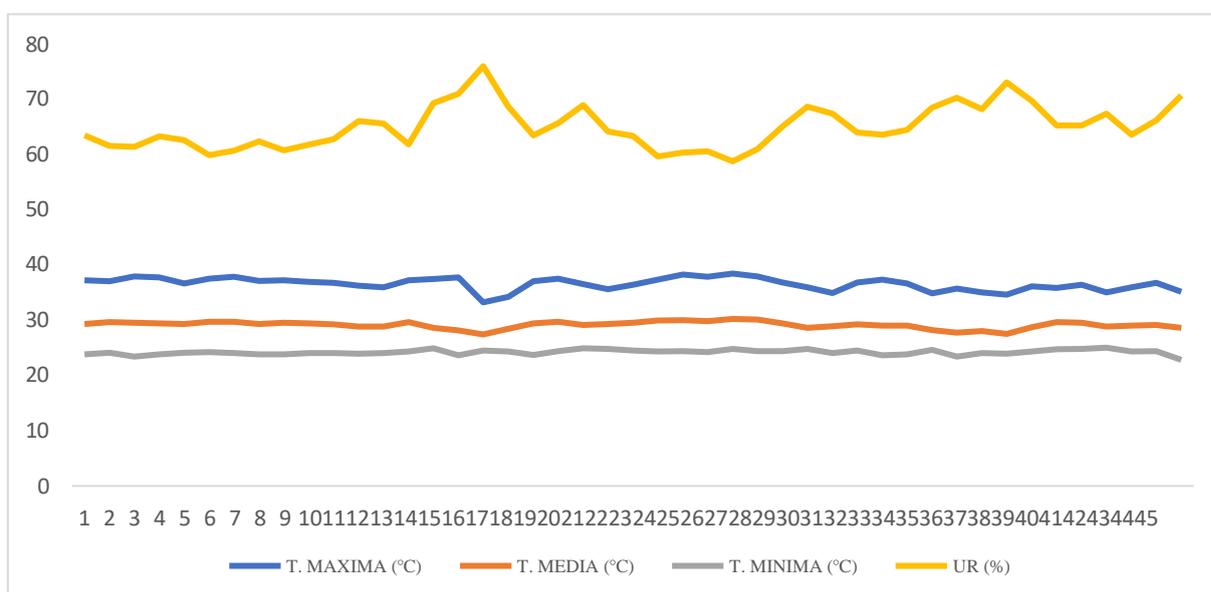
67 Desta forma, a busca por conhecimentos sobre a rizosfera dos solos é um componente
68 chave para a sustentabilidade por associar as propriedades físicas e químicas do solo e
69 correlaciona-las ao fornecimento de nutrientes nas plantas. Assim, objetivou-se estimar a
70 diversidade genética da rizosfera de solos do Leste Maranhense sob três tipos de manejo
71 agrícolas.

72 MATERIAL E MÉTODOS

73 Local do experimento

74 O experimento foi conduzido durante todo o ciclo em casa de vegetação no período de
75 05 de novembro a 20 dezembro de 2019, no *Campus IV*, no Centro de Ciências Agrárias e
76 Ambientais (CCAA), da UFMA, município de Chapadinha, Mesorregião do Leste Maranhense,
77 situado a 03° 44' 30" S de latitude e 43° 21' 37" W de longitude, com uma altitude de 105 m. A
78 área encontra-se inserida em região com temperatura média anual entre 29 °C (mínima) e 37
79 °C (máxima) conforme os dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para o
80 município de Chapadinha, MA (Gráfico 1).

81



82

83 UR: Umidade Relativa do Ar. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019)

84 **GRÁFICO 1.** Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar registrados
85 durante os 45 dias de condução do experimento com o feijão-fava (*P. lunatus*) e feijão-caupi
86 (*V. unguiculata*). Chapadinha, MA, 2021.

87

88 Condução do experimento

89 Os genótipos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) UFPI-1346 e UFPI-1347 e a
90 cultivar de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) BRS Aracê, foram utilizados como plantas-
91 iscas.

92

93 **TABELA 1.** Dados de passaporte e caracterização das sementes das plantas-iscas. Chapadinha,
94 MA, 2021.

Genótipo	Tipo	Origem	Tegumento		
			Cor	Comprimento (mm)	Largura (mm)
UFPI-1346	Feijão-fava	São Domingos, MA	Branco	16,45	17,18
UFPI-1347	Feijão-fava	Brejo, MA	Branco	12,77	10,26
BRS Aracê ¹	Feijão-caupi	Chapadinha, MA	Verde-oliva	8,65	6,36

95 ¹Material genético obtido no comercio.

96 A semeadura foi realizada em sacos plásticos contendo de 5 kg de solo, coletado na
97 profundidade de até 0,2 m, em dois municípios do estado do Maranhão (Tabela 2, Tabela 3 e
98 Tabela 4). Foram coletadas seis amostras de solos, em dois municípios: Chapadinha, MA (L1)
99 e Brejo, MA (L2).

100 As áreas de coletas foram selecionadas de acordo com seu histórico de cultivo, foi dada
101 preferência a áreas com histórico de mais de um ano de cultivo de feijão-fava (*Phaseolus*
102 *lunatus* L.) nunca cultivada soja (S1), área com mais de um ano de histórico de cultivo de soja
103 (*Glycine max* (L.) Merrill) (S2) e área com vegetação nativa (S3).

104

105 **TABELA 2.** Locais de coletas das sub-amostras de solos e informações sobre o histórico da
106 área. Chapadinha, MA, 2021.

Município	Manejo e uso do solo
Chapadinha, MA (03° 44' 30" S, 43° 21' 37" W)	Cultivo de feijão-fava (<i>P. lunatus</i> L.)
Chapadinha, MA (03° 44' 30" S, 43° 21' 37" W)	Cultivo de soja (<i>G. max</i> (L.) Merrill)
Chapadinha, MA (03° 44' 30" S, 43° 21' 37" W)	Vegetação Nativa
Brejo, MA (03° 41' 2" S, 42° 45' 0" W)	Cultivo de feijão-fava (<i>P. lunatus</i> L.)
Brejo, MA (03° 41' 2" S, 42° 45' 0" W)	Cultivo de soja (<i>G. max</i> (L.) Merrill)
Brejo, MA (03° 41' 2" S, 42° 45' 0" W)	Vegetação Nativa

107

108

109 O plantio foi realizado com quatro sementes por saco e, após 15 dias da emergência, foi
110 realizado o desbaste, deixando-se uma planta por saco. A adubação mineral isenta de N foi
111 aplicada no plantio, as demais recomendações técnicas foram conforme a recomendação da
112 cultura (VIEIRA, 1992; MELO et al., 2017). Os sacos foram irrigados diariamente, para mante
113 a umidade do solo próxima à capacidade de campo.

114 **TABELA 3.** Caracterização química das amostras de solos de Chapadinha, MA¹ e Brejo MA² usadas como fonte de inóculo nas plantas-iscas de
 115 feijão-fava (*P. lunatus* L.) e feijão-caupi (*V. unguiculata* L.). Chapadinha, MA, 2021.

Uso do solo	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
	CaCl ₂	g\kg	mg\dm ⁻³	(cmolc dm ⁻³)						
S1	5,6 ¹ /5,5 ²	21,6 ¹ /27,1 ²	19,5 ¹ /14,7 ²	0,28 ¹ /0,31 ²	2,76 ¹ /6,38 ²	1,39 ¹ /0,58 ²	0,00 ¹ /0,00 ²	0,67 ¹ /1,21 ²	4,43 ¹ /7,27 ²	5,1 ¹ /8,47 ²
S2	4,6 ¹ /5,5 ²	18,3 ¹ /24,0 ²	17,7 ¹ /87,1 ²	0,10 ¹ /0,38 ²	1,79 ¹ /4,40 ²	0,25 ¹ /1,70 ²	0,11 ¹ /0,00 ²	2,48 ¹ /1,26 ²	2,14 ¹ /6,48 ²	4,62 ¹ /7,74 ²
S3	4,1 ¹ /3,8 ²	21,1 ¹ /18,5 ²	10,0 ¹ /6,0 ²	0,08 ¹ /0,15 ²	0,95 ¹ /1,31 ²	0,37 ¹ /0,26 ²	0,51 ¹ /0,84 ²	4,02 ¹ /5,07 ²	1,40 ¹ /1,27 ²	5,42 ¹ /6,8 ²

116 **S1:** Solo com histórico de cultivo de *P. lunatus* (L); **S2:** Solo com histórico de cultivo de *G. max* (L.) Merrill; **S3:** Solo com vegetação nativa; M.O: matéria orgânica

117

118 **TABELA 4.** Caracterização física das sub-amostras de solos de Chapadinha, MA¹ e Brejo, MA² usados como fonte de inoculo nas plantas-iscas
 119 de feijão-fava (*P. lunatus* L.) e feijão-caupi (*V. unguiculata* L.). Chapadinha, MA, 2021.

Uso do solo	Granulometria (%)			Classe Textural
	Areia	Silte	Argila	
S1	670 ^{1,2}	140 ^{1,2}	190 ^{1,2}	Média ^{1,2}
S2	670 ^{1,2}	140 ^{1,2}	190 ^{1,2}	Média ^{1,2}
S3	670 ¹ /550 ²	140 ¹ /130 ²	190 ¹ /320 ²	Média ^{1,2}

120 **S1:** Solo com histórico de cultivo de *P. lunatus* (L); **S2:** Solo com histórico de cultivo de *G. max* (L.) Merrill; **S3:** Solo com vegetação nativa;

121 **Avaliação dos tratamentos e análise estatística**

122 A capacidade de nodulação foi avaliada aos 45 dias após a emergência das plântulas, a
123 partir do número, biomassa e tamanho dos nódulos e massa seca da parte aérea, conforme
124 SANTOS (2008). Tais avaliações foram realizadas individualmente por planta, após separar a
125 parte aérea do sistema radicular na altura do colo.

126 A determinação da massa seca da parte aérea ocorreu em estufa a 60°C (NAKAGAWA,
127 1999) . Para a determinação do número e biomassa dos nódulos, procedeu-se com a lavagem
128 do sistema radicular. O tamanho dos nódulos foi calculado a partir da relação entre a massa
129 úmida e o número dos nódulos. Os dez nódulos maiores e viáveis foram reservados para
130 dessecar em tubos de ensaio, com sílica gel e uma fina camada de algodão e vedados com tampa
131 de rosca para futuras análises. A determinação da cor das folhas foi feita utilizando-se o
132 aplicativo nomeado de Colorímetro® com uso do aparelho Samsung Galaxy J5 Prime; a partir
133 das coordenadas a*, b*, C, h e L, conforme o sistema CIELab.

134 O delineamento experimental utilizado foi o DIC, sob arranjo fatorial 3 (Tipo de solos
135 - S) x 3 (Plantas-iscas - PI), com três repetições. Totalizando dezoito tratamentos e cinquenta e
136 quatro unidades experimentais.

137 O dado qualitativo hábito de crescimento da planta (HCP) foi utilizado a moda como
138 medida de tendência para representar o conjunto de dados. Os demais dados foram submetidos
139 à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), sendo as médias comparadas
140 pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Genes (CRUZ,
141 2001).

142 A análise multivariada foi empregada para a determinação da divergência genética
143 obtendo-se a matriz de dissimilaridade e o agrupamento pelo método hierárquico UPGMA
144 (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) utilizando a distância euclidiana média
145 padronizada (D) como medida de dissimilaridade. Também foi obtida a contribuição relativa
146 da divergência genética entre os dados quantitativos pelo método de Singh (1981). O corte no
147 dendrograma gerado pelo método UPGMA foi efetuado no ponto em que se observou a
148 mudança brusca de nível, conforme a recomendação de Cruz et al. (2004).

149

150 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

151 **Análises univariadas e caracterização qualitativa das plantas-iscas**

152 Dentre os descritores qualitativos avaliados nas plantas-iscas foram observados uma
153 característica monomórfica entre os genótipos UFPI-1346, UFPI-1347 de feijão-fava e a
154 cultivar BRS Aracê de feijão-caupi, sendo todos com hábito de crescimento indeterminado.
155 Segundo Freire Filho et al. (2005), as plantas com hábito de crescimento indeterminado são
156 caracterizados pelo desenvolvimento da gema terminal em uma guia e trepador e possuem
157 maior produtividade que as de hábito determinado, porque o desenvolvimento vegetativo
158 prossegue com a emissão de novos nós, onde são emitidas novas florações, proporcionando um
159 potencial de produtividade maior.

160

161 **Análises univariadas e avaliações quantitativas das plantas-iscas**

162 As características avaliadas permitem identificar diferenças influenciadas pelos tipos de
163 solos – S e/ou plantas-iscas - PI, considerando-se a ocorrência de diferenças significativas pelo
164 teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para a maioria dos caracteres quantitativos, o que evidencia a presença
165 de variabilidade genética relacionadas aos efeitos dos diferentes históricos de cultivo, bem
166 como a capacidade de nodular dos genótipos de feijão-fava e feijão-caupi (Tabela 5).

167 De acordo com o resumo da análise de variância, a interação S x PI foi significativa para
168 características: Largura do folíolo (**LF**), parâmetros de coloração (**CIE L**, **CIE b***, **Chorma**,
169 **Hue**, **R e G**), massa fresca da parte aérea (**MFPA**), massa fresca da raiz (**MFR**), massa fresca
170 total (**MFT**), massa seca da raiz (**MSR**), massa seca total (**MST**), média da massa dos nódulos
171 (**MMN**), media do tamanho dos nódulos (**MTN**). Não foi observado diferença significativa para
172 as características: Altura da planta (**AP**), diâmetro do caule (**DC**), comprimento do folíolo (**CF**),
173 formato do folíolo (**FF**), comprimento da raiz (**CR**), parâmetros de coloração (**CIE a*** e **B**),
174 massa seca da parte aérea (**MSPA**) e número de nódulos (**NN**), mostrando que os tipos de solos
175 são influenciados pelos genótipos (Tabela 5).

176 Pigmentos foram determinados a partir dos valores obtidos pelo uso do aplicativo, onde
177 não foram observadas diferenças significativas para fonte de variação tipos de solos - S, exceto
178 para o parâmetro (**R**). Isso infere, que a coloração das folhas das leguminosas utilizadas como
179 plantas-iscas captadas pelo uso do aplicativo é homogênea em todos os solos do presente estudo
180 (Tabela 5). Todavia, só foi possível observar diferença estatística para fonte de variação os
181 genótipos - PI, exceto para o parâmetro (**R**). O que é bastante coerente, tendo e vista que foram
182 utilizadas duas espécies, corroborando com a precisão do aplicativo.

183 A média da massa dos nódulos (**MMN**), média do tamanho dos nódulos (**MTN**) e massa
184 seca total (**MST**), apresentaram diferença significativa para todas as fontes de variações
185 estudadas (tipos de solos, plantas-iscas e interação S x PI). Quanto ao estudo do efeito da
186 interação S x PI, houve significância para o mesmo, indicando que os efeitos das características
187 avaliadas nas plantas-iscas respondem diferente para cada tipo de solo usado como inóculo
188 (Tabela 5). Estes resultados indicam a existência de diferentes propriedades químicas, físicas e
189 biológicas na rizosfera dos diferentes tipos de solos coletados nos municípios de Chapadinha e
190 Brejo, MA.

191 Para o número de nódulos (**NN**), não foi observado diferença significativa entre as fontes
192 de variações aplicadas. A média geral de foi de 60,04 nódulos por plantas (Tabela 5). Resultados
193 semelhantes também foram encontrados por Almeida (2017), onde não foi observada diferença
194 significativa entre a aplicação de biofertilizante e a inoculação com média de 69,25 nódulos por
195 planta, indicando a simbiose do feijoeiro com estirpes fixadoras de nitrogênio nativas. De
196 forma geral, pode-se considerar que as plantas-iscas dentro de cada solo do Maranhão
197 obtiveram excelente nodulação, uma vez que os valores acima de 15 unidades de nódulos já
198 constituem boa atividade nodulífera (CARDOSO et al., 2009).

199 Características relacionados com número (**NN**) e média da massa de nódulos (**MMN**)
200 são, segundo Xavier et al. (2006), critérios frequentemente utilizados para avaliação da
201 simbiose entre rizóbios e leguminosas, fazendo parte, inclusive, do protocolo para avaliação da
202 eficiência agrônômica de estirpes no Brasil pela Relare (Rede de laboratórios para
203 recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbiológicos de
204 interesse agrícola). Em relação a esta variável, foi obtida uma média geral de 0,95g por plantas
205 (Tabela 5). Almeida (2017) submetendo o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) a doses de
206 biofertilizante aeróbico líquido obteve valores que variaram de 0,48g a 0,100g por plantas.
207 Xavier et al., (2008), por sua vez, obtiveram no tratamento com inoculação, o valor máximo de
208 0,118 g por plantas, valores considerados bons demonstrando dessa forma excelente efetividade
209 da rizosfera desses solos usada como fonte de inóculo.

210 Para a massa seca da parte aérea (**MSPA**) e número de nódulos (**NN**), não foram
211 observadas diferenças significativas para as fontes de variação Tipo de Solo - S x Planta isca-
212 PI, todavia, as demais características relacionadas a nodulação possuem interação significativa
213 (Tabela 5). Sendo este comportamento, um indicativo que estas áreas podem ser possíveis
214 fontes de bactérias com alta eficiência na fixação biológica de N (ZILLI et al. 2006), revela que

- 215 a população nativa de rizobactérias presente nas amostras de solos do Maranhão apresentam
216 vários níveis de especificidade com potencial para o isolamento de estirpes eficientes.

217 **TABELA 5.** Análise de variância para 23 variáveis avaliadas em plantas de feijão-fava (*P. lunatus* L.) e feijão-caupi (*V. unguiculata* L.) cultivadas
 218 em solos de diferentes regiões do estado do Maranhão. Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios					
		AP (m)	DC (mm)	CF (cm)	LF (cm)	FF (cm)	CR (cm)
Tipos de solos (S)	5	0,02 ^{ns}	1,49*	4,81 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,37 ^{ns}	23,75 ^{ns}
Plantas-iscas (PI)	2	0,98**	9,76**	135,51**	46,60**	0,38 ^{ns}	105,54*
S*PI	10	0,23 ^{ns}	0,73 ^{ns}	4,72 ^{ns}	1,75*	3,1 ^{ns}	24,85 ^{ns}
RESIDUO	36	0,12	0,48	2,33	0,81	2,51	27,42
TOTAL	53						
MÉDIA		0,89	4,91	9,12	5,13	3,88	33,58
CV (%)		40,11	14,14	16,75	17,62	40,80	15,59

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios							
		CIE L	CIE a*	CIE b*	Chorma	Hue	R	G	B
Tipos de solos (S)	5	50,58 ^{ns}	9,65 ^{ns}	62,47 ^{ns}	63,72 ^{ns}	26,97 ^{ns}	251,61*	308,34 ^{ns}	38,28 ^{ns}
Plantas-iscas (PI)	2	165,97**	248,87**	1486,52**	1660,18**	368,40**	242,69 ^{ns}	1246,56**	1284,33**
S*PI	10	103,83**	22,65 ^{ns}	189,48*	175,89*	115,76**	404,03**	640,40**	108,16 ^{ns}
RESIDUO	36	27,75	16,74	67,31	75,12	28,58	97,91	177,97	58,34
TOTAL	53								
MÉDIA		30,50	19,55	30,89	36,80	88,67	54,25	79,25	22,09
CV (%)		17,26	20,92	26,55	23,55	6,02	18,23	16,83	34,57

Continuação..

219

220

221

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios								
		MFPA (g)	MFR (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	NN	MMN (g)	MTN (mm)
Tipos de solos (S)	5	116,91 ^{ns}	344,03 ^{**}	700,16 ^{ns}	12,18 ^{ns}	5,53 ^{**}	26,12 [*]	5470,24 ^{ns}	19,59 ^{**}	16,88 ^{**}
Plantas-iscas (PI)	2	1166,03 ^{**}	6,52 ^{ns}	1209,68 ^{ns}	173,09 ^{**}	1,79 ^{ns}	167,28 ^{**}	1735,86 ^{ns}	45,88 ^{**}	15,49 ^{**}
S*PI	10	203,29 [*]	335,96 ^{**}	966,57 [*]	16,10 ^{ns}	5,55 ^{**}	32,63 ^{**}	5102,23 ^{ns}	19,47 ^{**}	7,88 ^{**}
RESIDUO	36	80,44	80,90	378,16	8,44	1,34	10,36	2556,88	1,85	2,53
TOTAL	53									
MÉDIA		21,80	16,46	39,42	5,23	2,03	7,16	60,04	0,95	3,72
CV (%)		41,13	54,64	49,32	55,48	56,77	44,93	84,21	143,05	42,77

222

223

224

225

226

227

228

GL: grau de liberdade; **: significativo a nível de 1% de probabilidade; *: significativo a nível de 5% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste de F; AP: Altura da planta; DC: diâmetro do caule; CF: comprimento do folíolo; CF: comprimento do folíolo; FF: formato do folíolo; LF: largura do folíolo; CR: comprimento da raiz; CIELab: valores de a*, b*, C, h, L e dados RGB referente a determinação da cor das folhas; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; MFT: massa fresca total; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; MST: massa seca total; NN: número de nódulos; MMN: média da massa dos nódulos; MTN: média do tamanho dos nódulos;

229 **Análises multivariadas das avaliações quantitativas nas plantas-iscas**

230 Com base em 23 variáveis que incluem informações fenológicas das plantas-iscas e
231 características dos nódulos, a distância euclidiana média padronizada (D) permitiu evidenciar
232 satisfatoriamente e separadamente a diversidade da microbiota dos solos coletados em
233 Chapadinha, MA e Brejo, MA. Sendo que as três fontes de variações imposta no delineamento
234 experimental: tipo de solo - S, planta-isca - PI e a interação tipo de solo x planta-isca – S x PI,
235 foram consideradas no estudo da diversidade (Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8).

236 Considerando o tipo de solo – S, as maiores distâncias genéticas foram observadas entre
237 amostras de solos coletadas no município de Chapadinha, MA com histórico de cultivo de soja
238 (**S2L1**) e Solos coletados no município de Brejo, MA com histórico de cultivo de feijão-fava
239 (**S1L2**), com D - 12,49, sendo portanto, a microbiota mais divergente quando se considera
240 apenas o tipo de solo. A menor similaridade, com D – 4,24, ocorreu entre amostras de solo
241 coletadas no município de Chapadinha, MA com o histórico de cultivo de feijão-fava (**S1L1**) e
242 solos com vegetação nativa coletados no município de Brejo, MA (**S3L2**), constituindo as
243 amostras mais similares geneticamente (Tabela 6).

244 Entre as leguminosas utilizadas como plantas-iscas, a maior distância genética D -
245 0,87 foi identificada entre os genótipos **UFPI-1346** (*P. lunatus*) e **BRS Aracê** (*V. unguiculata*),
246 sendo, desta forma, as plantas-iscas mais divergentes. Já os pares de genótipos de plantas-
247 iscas mais similares foram os genótipos **UFPI-1347** (*P. lunatus*) e **UFPI-1346** (*P. lunatus*)
248 com D - 0,56 (Tabela 7).

249 Também foi aplicada a distância euclidiana média padronizada (D) para verificar a
250 dissimilaridade genética entre a interação tipo de solo x planta-isca – S x PI de acordo com os
251 descritores quantitativos estudados. A maior distância genética, D - 0,71, observada ocorreu
252 entre o **G1S2L2** (Genótipo UFPI-1347 cultivado em sub-amostras de solos com histórico de
253 cultivo de soja coletado no município de Brejo, MA) e **G1S3L2** (Genótipo UFPI-1347 cultivado
254 em sub-amostras de solos com vegetação nativa coletado no município de Brejo, MA),
255 apresentando maior divergência. As combinações mais similares identificadas consistiram entre
256 **G2S3L1** (Genótipo UFPI-1346 cultivado em sub-amostras de solos com vegetação nativa
257 coletados no município de Chapadinha, MA) e **G3S2L2** (Cultivar BRS Aracê cultivado em
258 sub-amostras de solos com histórico de cultivo de soja coletado no município de Brejo, MA),
259 apresentando menores distâncias genéticas D - 0,17 (Tabela 8).

260

261 **TABELA 6.** Distância euclidiana média padronizada (D) entre os tipos de solos – S, local da
 262 coleta e histórico de uso do solo. Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

	S1L1	S2L1	S3L1	S1L2	S2L2	S3L2
S1L1	-	5,30	6,54	8,82	4,59	4,24
S2L1	5,50	-	9,37	12,49	6,22	8,85
S3L1	6,54	9,37	-	7,79	5,51	4,31
S1L2	8,82	12,49	7,79	-	8,33	5,79
S2L2	4,59	6,22	5,51	8,33	-	5,14
S3L2	4,24	8,85	4,31	5,79	5,14	-

263 **S1:** Solo com histórico de cultivo de *P. lunatus* (L); **S2:** Solo com histórico de cultivo de *G. max* (L.) Merrill; **S3:**
 264 Solo com vegetação nativa; **L1:** Cidade de Chapadinha, MA; **L2:** Cidade de Brejo,MA.

265

266 **TABELA 7.** Distância euclidiana média padronizada (D) entre as plantas-isca cultivadas em
 267 solos dos municípios de Chapadinha, MA, e Brejo, MA, com diferentes históricos de cultivos.
 268 Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

	UFPI-1347	UFPI-1346	BRS Aracê
UFPI-1347¹	-	0,56	0,78
UFPI-1346¹	0,56	-	0,87
BRS Aracê²	0,78	0,87	-

269 ¹*Phaseolus lunatus*, ²*Vigna unguiculata*.

270 **TABELA 8.** Medidas de dissimilaridade entre 18 combinação (tipo de solo x planta-isca – S x PI) com base na distância euclidiana média
 271 padronizada (D). Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
G1S1L1=1	-	0,28	0,47	0,32	0,26	0,62	0,40	0,41	0,43	0,46	0,34	0,55	0,32	0,40	0,58	0,37	0,32	0,42
G1S1L2=2	0,28	-	0,37	0,38	0,18	0,54	0,37	0,26	0,38	0,39	0,18	0,50	0,20	0,24	0,52	0,22	0,25	0,42
G1S2L1=3	0,47	0,37	-	0,53	0,43	0,34	0,39	0,39	0,19	0,47	0,30	0,27	0,35	0,44	0,23	0,33	0,35	0,31
G1S2L2=4	0,32	0,38	0,53	-	0,31	0,71	0,56	0,45	0,50	0,62	0,40	0,67	0,37	0,37	0,68	0,38	0,48	0,56
G1S3L1=5	0,26	0,18	0,43	0,31	-	0,57	0,44	0,28	0,38	0,43	0,25	0,53	0,20	0,26	0,59	0,23	0,27	0,46
G1S3L2=6	0,62	0,54	0,34	0,71	0,57	-	0,55	0,44	0,34	0,40	0,48	0,26	0,49	0,63	0,34	0,48	0,41	0,47
G2S1L1=7	0,40	0,37	0,39	0,56	0,44	0,55	-	0,48	0,46	0,52	0,35	0,46	0,45	0,51	0,43	0,43	0,40	0,26
G2S1L2=8	0,41	0,26	0,39	0,45	0,28	0,44	0,48	-	0,36	0,35	0,26	0,47	0,27	0,32	0,53	0,19	0,26	0,52
G2S2L1=9	0,43	0,38	0,19	0,50	0,38	0,34	0,46	0,36	-	0,42	0,30	0,26	0,30	0,41	0,35	0,29	0,30	0,36
G2S2L2=10	0,46	0,39	0,47	0,62	0,43	0,40	0,52	0,35	0,42	-	0,39	0,42	0,38	0,49	0,56	0,36	0,24	0,54
G2S3L1=11	0,34	0,18	0,30	0,40	0,25	0,48	0,35	0,26	0,30	0,39	-	0,44	0,21	0,20	0,48	0,17	0,27	0,39
G2S3L2=12	0,55	0,50	0,27	0,67	0,53	0,26	0,46	0,47	0,26	0,42	0,44	-	0,45	0,58	0,31	0,43	0,35	0,39
G3S1L1=13	0,32	0,20	0,35	0,37	0,20	0,49	0,45	0,27	0,30	0,38	0,21	0,45	-	0,25	0,52	0,19	0,23	0,42
G3S1L2=14	0,40	0,24	0,44	0,37	0,26	0,63	0,51	0,32	0,41	0,49	0,20	0,58	0,25	-	0,64	0,23	0,36	0,56
G3S2L1=15	0,58	0,52	0,23	0,68	0,59	0,34	0,43	0,53	0,35	0,56	0,48	0,31	0,52	0,64	-	0,52	0,48	0,31
G3S2L2=16	0,37	0,22	0,33	0,38	0,23	0,48	0,43	0,19	0,29	0,36	0,17	0,43	0,19	0,23	0,52	-	0,24	0,46
G3S3L1=17	0,32	0,25	0,35	0,48	0,27	0,41	0,40	0,26	0,30	0,24	0,27	0,35	0,23	0,36	0,48	0,24	-	0,40
G3S3L2=18	0,42	0,42	0,31	0,56	0,46	0,47	0,26	0,52	0,39	0,54	0,39	0,39	0,42	0,56	0,31	0,46	0,40	-

272 G1: UFPI-1347; G2: UFPI-1346; G3: BRS Aracê S1: Solo com histórico de cultivo de *P. lunatus* (L); S2: Solo com histórico de cultivo de *G. max* (L.) Merrill; S3: Solo com
 273 vegetação nativa; L1: Cidade de Chapadinha, MA; L2: Cidade de Brejo,MA.

274 No dendrograma estabelecido pelo método UPGMA com base nas 23 variáveis
275 quantitativas estudadas, e um corte com 65,7 % de similaridade das distância genéticas houve
276 a formação de quatro grupos de diversidade genética para fonte de variação tipo de solo – S;
277 com 69 % de similaridade das distância genéticas houve a formação de dois grupos de
278 diversidade genética para fonte Planta-isca – PI e com 58,9 % de similaridade das distâncias
279 genéticas evidenciou-se a formação de dez grupos de diversidade genética para interação de
280 tipo de solo x planta-isca – S x PI.

281 Dos quatros grupos formados para fonte de variação tipo de solo – S, três desses grupos
282 apresentaram um único tipo de solo isolado, e outro com mais de dois tipos de solo (Figura 1).
283 Os solos **S1L1**, **S3L2** e **S2L2** formam um único grupo, já os tipos de solos **S3L1**, **S2L1** e **S1L2**
284 ficaram isolados, grupo II, III e IV. Dos seis tipos de solos estudados o tipo de solo coletado
285 no município de Brejo, MA com histórico de cultivo de feijão-fava (**S1L2**) se destacou dos
286 demais. É possível afirmar que é o solo com o manejo mais discriminante entre todos avaliados,
287 constatando-se a maior diversidade genética. Esse resultado pode estar relacionado às melhores
288 condições químicas presentes nesse solo, melhor valor de pH (5,5), matéria orgânica (27,1),
289 saturação por bases (7,272) e menor teor de Al (0,00) em relação aos outros (Tabela 3). Esse
290 método foi concordante com os resultados encontrados pela distância euclidiana média
291 padronizada (D), diferindo apenas com relação a disposição em grupo de alguns tipos de solos.

292 Para fonte de variação Planta-isca – PI, o grupo I foi formado por dois genótipos de
293 feijão-fava **UFPI-1347** e **UFPI-1346**, já a cultivar de feijão-caupi (**BRS Aracê**) se manteve
294 isolada no grupo II (Figura 2). Assim, esse método foi eficiente em separar as espécies
295 utilizadas como plantas-iscas, evidenciando a diversidade presente na rizosfera desses solos
296 ligados a particularidades de cada uma das espécies manejada.

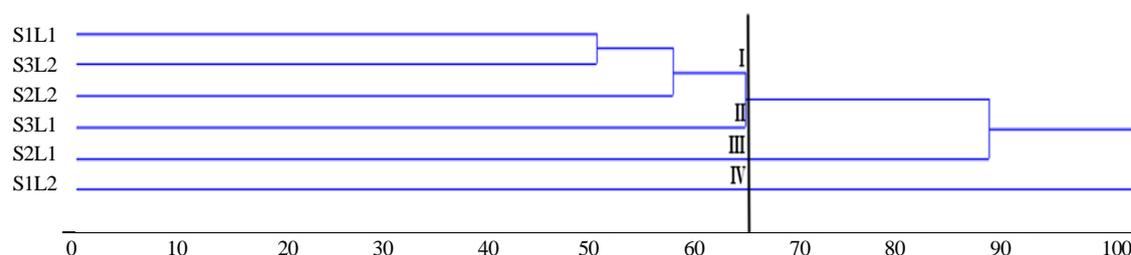
297 Para interação tipo de solo x planta-isca – S x PI os grupos ficaram divididos da seguinte
298 forma: grupo I (**G2S3L1**, **G3S2L2**, **G1S1L2**, **G1S3L1**, **G3S1L1**, **G3S1L2**); O grupo
299 II (**G2S1L2**); grupo III (**G2S2L2**, **G3S3L1**); grupo IV (**G1S1L1**); grupo V
300 (**G1S2L2**); grupo VI (**G2S1L1**); grupo VII (**G3S3L2**); grupo VIII (**G1S3L2**,
301 **G2S3L2**); grupo IX (**G1S2L1**, **G2S2L1**); grupo X (**G3S2L1**) (Figura 3).

302 Verifica-se, com base no dendrograma (Figura 3), que grande parte das sub-amostras de
303 solos e plantas-iscas estudadas foi alocada em um mesmo grupo, ficando todas proximamente
304 relacionadas no grupo I correspondendo a 66,67% das 18 combinações estudadas,
305 evidenciando que essas sub-amostras possuem características bastante similares.

306 O grupo II, IV, V e X apresentaram combinações de solos e plantas-iscas
 307 isolados indicando peculiaridades que não os permite agrupá-los com as outras
 308 sub-amostras, o que também confirma a existência de variabilidade genética
 309 presente na rizosfera em cada solo amostrado no experimento. Vale ressaltar que
 310 desses quatros grupos isolados, dois foram alocados por serem genótipos de feijão-
 311 fava cultivada em solos com histórico de cultivo de feijão-fava, grupo II (**G2S1L2**)
 312 e grupo IV (**G1S1L1**) os demais grupos, V (**G1S2L2**) e X (**G3S2L1**) se
 313 caracterizam por serem solos com histórico de cultivo de soja. Esse método
 314 evidencia que há diversidade genética entre os seis tipos de solos estudados, e
 315 corrobora com a ideia que a presença da planta hospedeira está relacionada com a presença
 316 de uma população de rizobactérias capaz de formar nódulos com esta mesma espécie
 317 (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Resultados semelhantes foram encontrados por
 318 Nascimento (2014), que identificou que os solos cultivados originalmente, com a espécie
 319 utilizada como planta-isca foram os que apresentaram o maior número de nódulos por plantas.

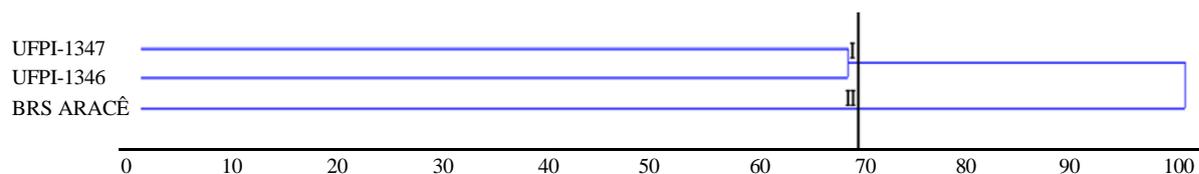
320

321



322 **FIGURA 1.** Dendrograma da dissimilaridade genética entre os tipos de solos – S, local da
 323 coleta e histórico de uso da terra obtido por UPGMA, com base nas 23 variáveis quantitativas
 324 avaliadas em feijão-fava e feijão-caupi. Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

325

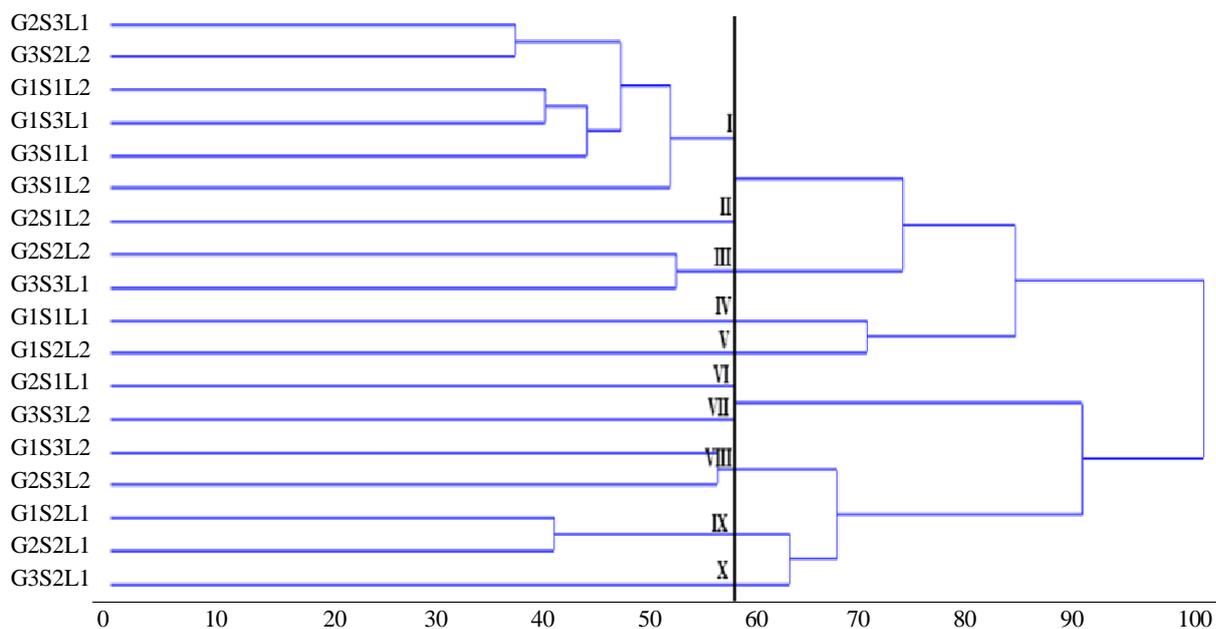


326

327

328 **FIGURA 2.** Dendrograma da dissimilaridade genética das plantas-iscas, obtido por UPGMA,
 329 com base nas 23 variáveis quantitativas. Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

330



331

332

333 **FIGURA 3.** Dendrograma da dissimilaridade genética entre 18 combinações (tipo de solo x
 334 planta-isca – S x PI.), obtido por UPGMA, com base nas 23 variáveis quantitativas estudadas.
 335 Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

336

337 Pela aplicação do método de Singh (1981) determinou-se a contribuição relativa de
 338 cada variável estudada para divergência dos tipos de solos, genótipos (plantas-
 339 iscas) e interação (tipo de solo x planta-isca – S x PI). O número de nódulos (**NN**) obteve
 340 o maior valor percentual de contribuição (72,40%) para solos, (15,06%) para plantas-iscas e
 341 (56,18%) para interação S x PI, seguido da massa fresca total (**MFT**) com um percentual de
 342 contribuição de (9,26%) para tipos de solos, (10,11%) para plantas-iscas e (10,69%) para
 343 interação tipo de solo x planta-isca – S x PI indicando que de um modo geral essas duas
 344 variáveis foram os caracteres que mais contribuíram para a divergência desses solos e plantas-
 345 iscas avaliados.

346 Informações desta natureza são importantes, por ser forte indicativo de que o número de
 347 nódulos tem relação direta com a composição físico-química do solo (72,40%) e que as plantas-
 348 iscas também influenciam de forma isolada com baixa contribuição (15,06%), mas ao
 349 considerar o componente de interação S x PI o valor é elevado (56,18%) para a quantidade de
 350 nódulos presentes na planta.

351 Estudos sobre a divergência genética em leguminosas têm evidenciado diferenças
 352 quanto à contribuição relativa de cada uma das características avaliadas nas fases vegetativas e
 353 reprodutivas. Bertini et al., (2009) avaliando 16 acessos de feijão-caupi do BAG-UFC,
 354 verificaram que os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética foram o
 355 comprimento de vagem (69,04%) e o peso de cem sementes (19,94%). Santana (2017)
 356 avaliando 30 genótipos do BAG-IPA, observou que as características que mais contribuíram
 357 para a divergência genética foram o peso da vagem (18,70%), floração inicial (18,40%),
 358 comprimento da vagem (14,74%) e peso de cem grãos (10,61%).

359

360 **TABELA 9.** Contribuição relativa para 23 variáveis quantitativas para divergência genética
 361 entre 6 sub-amostras de solos de duas diferentes regiões do estado do Maranhão utilizando 2
 362 genótipos de feijão-fava e 1 cultivar de feijão-caupi como plantas-iscas pelo método proposto
 363 por SINGH (1981). Chapadinha-MA, UFMA, 2021.

Distância					
Fator Solo		Fator Plantas-iscas		Fator S x PI	
Variável	Valor (%)	Variável	Valor (%)	Variável	Valor (%)
NN	72,40	NN	15,06	NN	56,18
MFT	9,26	Chorma	14,40	MFT	10,69
MFR	4,55	CIE b	12,89	G	7,16
G	4,08	B	11,14	R	3,97
R	3,33	G	10,81	Chorma	3,70
MFPA	1,54	MFT	10,11	CIE b	3,55
Chorma	0,84	MFPA	10,11	MFR	3,49
CIE b*	0,82	HUE	3,19	MFPA	3,39
CIE L	0,66	CIE a	2,15	B	2,63
B	0,50	R	2,10	HUE	1,39
HUE	0,35	MSP	1,50	CIE L	1,11
MST	0,34	MST	1,45	MST	0,54
CR	0,31	CIE L	1,44	CIE a	0,53
MMN	0,25	CF	1,17	CR	0,39
MTN	0,22	CR	0,91	MSP	0,39
MSP	0,16	LF	0,40	MPN	0,26
CIE a*	0,12	MPN	0,39	CF	0,23
MSR	0,07	MTN	0,13	MTN	0,13
CF	0,06	DC	0,08	LF	0,07
DC	0,01	MFR	0,05	MSR	0,05
FF	0,01	MSR	0,01	FF	0,02
AP	0,00	FF	0,00	DC	0,02
LF	0,00	AP	0,00	AP	0,00

364 AP: Altura da planta; CF: comprimento do folíolo; CIELab: valores de a*, b*, C, h, L e dados RGB referente a
 365 determinação da cor das folhas; CR: comprimento da raiz; DC: diâmetro do caule; CF: comprimento do folíolo;

366 FF: forma do folíolo; LF: largura do folíolo; MFPA: Massa fresca da parte aérea; MFR: Massa fresca da raiz;
367 MFT: Massa fresca total; MMN: média da massa dos nódulos; MSPA: Massa seca da parte aérea; MSR: Massa
368 seca da raiz; MST: Massa seca total; MTN: média do tamanho dos nódulos; NN: número de nódulos.

369

370 CONCLUSÕES

371 A microbiota desenvolvida em solos do Leste Maranhense diferentes históricos de
372 cultivo e manejo agrícolas possui variabilidade genética.

373 O crescimento vegetativo dos genótipos de feijão-fava e feijão-caupi foi influenciado
374 pela composição da rizosfera presente em cada solo do Leste Maranhense avaliado.

375 Os caracteres número de nódulos (NN) e massa fresca total (MFT) são os que mais
376 contribuem para a divergência total entre os tipos de solos do Leste Maranhense e plantas-iscas
377 estudados.

378

379

380 AGRADECIMENTOS

381 Ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da UFMA pelo suporte físico para
382 instalação e condução do experimento. Ao Laboratório de Recursos Genéticos e Melhoramento
383 de Plantas – LabRGMP da UFPI pela codificação dos acessos de feijão-fava.

384

385 REFERÊNCIAS

386 ALMEIDA, I. V. **Resposta do feijão macassar e comum à inoculação com rizóbio e uso de**
387 **biofertilizante em um agrossistema familiar** / Ian Victor de Almeida. - Areia: UFPB/CCA,
388 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia)

389 BERTINI, C. H. C.; TEÓFILO, E.M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de
390 feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.99-105,
391 2009.

392 CARDOSO, J. C. et al. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown
393 of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 1760–
394 1763, 2009.

- 395 CHAGAS JUNIOR, A. F. ; OLIVEIRA, L. A. ; OLIVEIRA, A.N. . Caracterização fenotípica
396 de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta**
397 **Scientiarum. Agronomy (Online)**, v. 32, p. 161-169, 2010.
- 398 CRUZ, C.D. **Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
399 CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao**
400 **melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.
- 401 DELLAVALLE FILHO, C. R. . **Importância da inoculação em soja**. Folha Rural, Lagoa
402 Vermelha - RS, p. 6 - 6, 30 jul. 2010.
- 403 FERREIRA, E. P. D. B., et al. **Rhizosphere bacterial communities of potato cultivars**
404 **evaluated through PCR-DGGE profiles**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 43, n. 5, p. 605-
405 612, 2008.
- 406 FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A.
407 A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Meio-Norte,
408 2005. cap. 1, p. 29-71.
- 409 GILLER, K.E.; BEARE, M.H., LAVELLE, P.; IZAC, A.M.N.; SWIFT, M.J. **Agricumiral**
410 **intensification, soil biodiversity and agroecosystem function**. *Applied Soil Ecology*, Geva,
411 v.6,n.1, p. 3-16, July 1997.
- 412 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2019) **Dados históricos anuais**. Available in:
413 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acessado em: Novembro de 2020.
- 414 MELLONI, R. et al. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam
415 caupi [*Vigna unguiculata*(L.) Walp] e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de mineração
416 de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.235-246, 2006.
- 417 MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J. Solos e adubação. In: BASTOS, E. A. (Ed.). **Cultivo de**
418 **Feijão-Caupi**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Versão eletrônica. (Embrapa Meio-Norte.
419 Sistema de produção, 2; Embrapa Amazônia Ocidental. Sistema de produção, 2; Embrapa
420 Agrobiologia. Sistema de produção, 4).
- 421 MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed.
422 UFLA, 2006. 626 p.
- 423 NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In:
424 KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes:**
425 **conceitos e testes**. Londrina: Informativo ABRATES, 1999.

- 426 NASCIMENTO, Antunes Romeu Lima do. **Diversidade e caracterização de rizóbios**
427 **associados ao feijão-fava no semiárido**. 2014. 53 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação
428 em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada.
- 429 SANTANA, Sérgio Rogério Alves de. **Divergência genética em genótipos de feijão-caupi**
430 **(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) por descritores morfoagronômicos e variáveis**
431 **multicategóricas**. 2017. 85 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Melhoramento
432 Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 433 SANTOS, J.O. Divergência genética em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.): **Diversidade**
434 **genética entre isolados nativos de rizóbios noduladores do feijão-fava (*Phaseolus***
435 ***lunatus* L.)**. Teresina, Universidade Federal do Piauí, 2008. (Tese de Mestrado)
- 436 SILVA, L. G. D., et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em
437 plantio de espécies florestais. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 44, n. 6, p. 613-620, 2009.
- 438 SINGH, D. **The relative importance of characters affecting genetic divergence**. *Indian*
439 *Journal of Genetic and Plant Breeding*, v.41, n.2, p.237-245, 1981.
- 440 VIEIRA, R.F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, v.16, n.174, p.30-37, 1992.
- 441 XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; RIBEIRO, J.R.A. & RUMJANEK, N.G. Especificidade
442 simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. *Caatinga*,
443 19:25-33, 2006.
- 444 XAVIER, Terezinha Ferreira; ARAÚJO, Ademir Sergio Ferreira de ; SANTOS, Valdinar
445 Bezerra dos ; CAMPOS, Francilene Leone . Adubação nitrogenada e inoculação sobre a
446 nodulação e produtividade em feijão-caupi. *Ciência Rural*, v. 38, p. 2037-2041, 2008.
- 447 ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R. R; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE
448 FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas
449 de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 811-818, 2006.

ANEXO



APRESENTAÇÃO E PREPARO DOS MANUSCRITOS

Os artigos submetidos à Revista Caatinga devem ser originais, ainda não relatados ou submetidos à publicação em outro periódico ou veículo de divulgação. **A Revista Caatinga publica ARTIGO, NOTA TÉCNICA E REVISÃO DE LITERATURA.**

FORMAS DE ENVIO

Os artigos são submetidos, apenas eletronicamente, na página da Revista Caatinga. Podem ser ENVIADOS em Português, Inglês ou Espanhol. Porém, após a aprovação do manuscrito pelo Comitê Editorial, o autor será contactado para traduzir o artigo para a língua inglesa. Caso o trabalho seja submetido em inglês, após a aprovação desse pelo comitê editorial, o autor será comunicado para que realize a revisão do idioma inglês. **A publicação será exclusivamente em Inglês.** Fica a critério do autor a escolha da empresa ou pessoa física que irá realizar a tradução do manuscrito. Porém, é **obrigatória** a realização da **REVISÃO do idioma inglês** por umas das empresas indicadas pela Revista Caatinga. Abaixo seguem as indicações:

<http://www.proof-reading-service.com>

<http://www.academic-editing-services.com/>

<http://www.publicase.com.br/formulario.asp>

<http://www.editage.com.br/manuscriptediting/index.html>

<http://www.journalexerts.com>

<http://www.webshop.elsevier.com/languageservices>

<http://wsr-ops.com>

<http://www.journaleditorsusa.com>

<http://www.queensenglishediting.com/>

<http://www.canalpage.com>

<http://www.stta.com.br/servicos.php>

<http://americanmanuscripteditors.com/>

PREPARO DO MANUSCRITO

- **Digitação:** o texto deve ser composto em programa Word (DOC) ou compatível e os gráficos em programas compatíveis com o Windows, como Excel, e formato de imagens: Figuras (GIF) e Fotos (JPEG). Deve ter no máximo 20 páginas, tamanho A4, digitado com espaçamento 1,5, fonte Times New Roman, estilo normal, tamanho 12 e parágrafo recuado por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. Páginas e linhas devem ser numeradas; os números de páginas devem ser colocados na margem inferior, à direita e as linhas numeradas de forma contínua. Se forem necessárias outras orientações, entre em contato com o Comitê Editorial. As Notas Técnicas devem apresentar até 12 páginas, incluindo tabelas e figuras.
- **Tamanho:** o manuscrito não deverá ultrapassar 2,0 MB.
- **Organização:** o artigo científico deverá ser organizado em título, nome do(s) autor(es), resumo, palavras-chave, título em inglês, abstract, keywords, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão, agradecimentos (opcional), e referências.

Título: deve ser escrito em maiúsculo, negrito, centralizado na página, no **máximo com 15 palavras**, não deve ter subtítulo e abreviações. O nome científico deve ser indicado no título apenas se a espécie for desconhecida. Os títulos das demais seções da estrutura (resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusão, agradecimentos e referências) deverão ser escritos em letra maiúscula, negrito e justificado à esquerda.

Autores(es): nomes completos, sem abreviaturas, em letra maiúscula, um após o outro, separados por vírgula e centralizados. Essas informações deverão constar apenas na versão final do artigo. **Na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé com os endereços deverão ser omitidos.**

Para a inclusão do(s) nome(s) do(s) autor(es) e do(s) endereço(s) na **versão final do artigo** deve-se, como nota de rodapé na primeira página, indicar, para cada autor, afiliação completa (Unidade/Setor, Instituição, Cidade, Estado, País), endereço completo e e-mail de todos os autores. O autor correspondente deverá ser indicado por um “*”.

No rodapé devem constar informações sobre a natureza do trabalho (se extraído de tese/dissertação) e referências às instituições colaboradoras. Exemplo:

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em xx/xx/xxxx ; aceito em xx/xx/xxxx.

Especificação (natureza) do trabalho (ex.: Pesquisa apoiada pela FAPESP e pelo CNPq; Trabalho de Mestrado,...)

²Unidade/Setor (por extenso), Instituição (por extenso e sem siglas), Cidade, Estado(sigla), País; E-mail (s).

OBS.: Caso dois ou mais autores tenham as mesmas especificações, não precisa repetir as informações, basta acrescentar, apenas, o e-mail aofinal.

Só serão aceitos, no máximo, 5 (cinco) autores por artigo submetido: ressaltamos que, salvo algumas condições especiais, poderá ser incluído um sexto autor (não mais que isso) mediante apresentação de justificativas. A justificativa deverá ser anexada, no ato da submissão, em “Documentos Suplementares”, para que o Comitê Editorial proceda com a devida análise. Caso isso não ocorra, a submissão de artigo com número superior a 5 (cinco) autores não será aceita.

** Não serão permitidas mudanças nos nomes de autores *a posteriori*.

** Todos os autores deverão, OBRIGATORIAMENTE, cadastrarem-se no sistema.

Resumo e Abstract: no mínimo 100 e no máximo 250 palavras.

Palavras-chave e Keywords: a primeira letra maiúscula. Devem ter, no mínimo, três e, no máximo, cinco palavras, não constantes no Título/Title e separadas por ponto (consultar modelo de artigo).

Obs.: Em se tratando de artigo escrito em idioma estrangeiro (Inglês ou Espanhol), o título, resumo e palavras-chave deverão, também, constar em Português, mas com a sequência alterada, vindo primeiro no idioma estrangeiro.

Introdução: no máximo, **550 palavras**, contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa.

Conclusão: deve ser em texto corrido, sem tópicos.

Agradecimentos: logo após as conclusões, poderão vir os agradecimentos a pessoas ou instituições, indicando, de forma clara, as razões pelas quais os faz.

- **Tabelas:** sempre **com orientação em „retrato“**. Serão numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. **Não usar linhas verticais**. As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho. Recomenda-se que **as tabelas apresentem 8,2 cm de largura, não ultrapassando 17 cm**.

- **Figuras:** sempre **com orientação em „retrato“**. Gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de **Figura** sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte inferior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows”. A resolução deve ter qualidade máxima com pelo menos 300 dpi. **As figuras devem apresentar 8,5 cm de largura, não ultrapassando 17 cm**. A fonte empregada deve ser a Times New Roman, corpo 10 e não usar negrito na identificação dos eixos. As linhas dos eixos devem apresentar uma espessura de 1,5 mm de cor preta. A Revista Caatinga reserva-se ao direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com **ORIENTAÇÃO** na forma “paisagem” ou que apresentem mais de 17 cm de largura. **Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após a sua primeira citação.**

- **Equações:** devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. As equações devem apresentar o seguinte padrão de tamanho:

Inteiro = 12 pt

Subscrito/sobrescrito = 8 pt

Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt

Símbolo = 18 pt

Subsímbolo = 14 pt

Estas definições são encontradas no editor de equação no Word.

REFERÊNCIAS

Devem ser digitadas em espaço 1,5 cm e separadas entre si pelo mesmo espaço (1,5 cm). Precisam ser apresentadas em ordem alfabética de autores; justificar (Ctrl + J). Este periódico utiliza a **NBR 6023 de agosto/2002 da ABNT. UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS.**

O título do periódico não deve ser abreviado e recomenda-se um total de 20 a 30 referências. **EVITE CITAR RESUMOS E TRABALHOS APRESENTADOS E PUBLICADOS EM CONGRESSOS E SIMILARES.**

Citações de autores no texto: devem ser observadas as normas da ABNT, NBR 10520 de agosto/2002.

Ex: Com 1 (um) autor, usar Torres (2008) ou (TORRES, 2008); com 2 (dois) autores, usar Torres e Marcos Filho (2002) ou (TORRES; MARCOS FILHO, 2002); com 3 (três) autores, usar França, Del Grossi e Marques (2009) ou (FRANÇA; DEL GROSSI; MARQUES, 2009); com mais de três, usar Torres et al. (2002) ou (TORRES et al., 2002).

REGRAS DE CITACÕES DE AUTORES

**** Até 3 (três) autores**

Mencionam-se todos os nomes, na ordem em que aparecem na publicação, separados por ponto e vírgula.

Ex: TORRES, S. B.; PAIVA, E. P. PEDRO, A. R. Teste de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de jiló. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 0, n. 0, p. 00-00, 2010.

**** Acima de 3 (três) autores**

Menciona-se apenas o primeiro nome, acrescentando-se a expressão **et al.**

Ex: BAKKE, I. A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.

**** Grau de parentesco**

HOLANDA NETO, J. P. **Método de enxertia em cajueiro-anão-precoce sob condições de campo em Mossoró-RN**. 1995. 26 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 1995.

COSTA SOBRINHO, João da Silva. Cultura do melão. **Cuiabá**: Prefeitura de Cuiabá, 2005.

MODELOS DE REFERÊNCIAS

a) Artigos de Periódicos: Elementos essenciais:

AUTOR. Título do artigo. **Título do periódico**, Local de publicação (cidade), n.º do volume, n.º do fascículo, páginas inicial-final, ano.

Ex: BAKKE, I. A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.

b) Livros ou Folhetos, no todo: Devem ser referenciados da seguinte forma:

AUTOR. **Título**: subtítulo. Edição. Local (cidade) de publicação: Editora, data. Número de páginas ou volumes. (nome e número da série)

Ex: RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 2. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 1997. 367 p.

OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. **Geologia do Brasil**. 3. ed. Mossoró: ESAM, 1978. 813 p. (Coleção mossoroense, 72).

c) Livros ou Folhetos, em parte (Capítulo de Livro):

AUTOR DO CAPÍTULO. Título do capítulo. In: AUTOR DO LIVRO. **Título**: subtítulo do livro. Número de edição. Local de publicação (cidade): Editora, data. Indicação de volume, capítulo ou páginas inicial-final da parte.

Ex: BALMER, E.; PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2, cap. 14, p. 595-634.

d) Dissertações e Teses: (somente serão permitidas citações recentes, PUBLICADAS NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS QUE ANTECEDEM A REDAÇÃO DO ARTIGO). Referenciam-se da seguinte maneira:

AUTOR. **Título**: subtítulo. Ano de apresentação. Número de folhas ou volumes. Categoria (grau e área de concentração) - Instituição, local.

Ex: OLIVEIRA, F. N. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de Concentração em Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

e) Artigos de Anais ou Resumos: (DEVEM SER EVITADOS)

NOME DO CONGRESSO, n.º, ano, local de realização (cidade). Título... subtítulo. Local de publicação (cidade): Editora, data de publicação. Número de páginas ou volumes.

Ex: BALLONI, A. E.; KAGEYAMA, P. Y.; CORRADINI, I. Efeito do tamanho da semente de *Eucalyptus grandis* sobre o vigor das mudas no viveiro e no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 1978. p. 41-43.

f) Literatura não publicada, mimeografada, datilografadaetc.:

Ex: GURGEL, J. J. S. **Relatório anual de pesca e piscicultura do DNOCS**. Fortaleza: DNOCS, 1989. 27 p. Datilografado.

g) Literatura cuja autoria é uma ou mais pessoas jurídicas:

Ex: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

h) Literatura sem autoria expressa:

Ex: NOVAS Técnicas – Revestimento de sementes facilita o plantio. **Globo Rural**, São Paulo, v. 9, n. 107, p. 7-9, jun. 1994.

i) Documento cartográfico:

Ex: INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). **Regiões de governo do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 1 atlas. Escala 1:2.000.

J) Em meio eletrônico (CD e Internet): Os documentos /informações de **acesso exclusivo por computador** (online) compõem-se dos seguintes elementos essenciais para sua referência:

AUTOR. Denominação ou título e subtítulo (se houver) do serviço ou produto, indicação de responsabilidade, endereço eletrônico entre os sinais <> precedido da expressão – Disponível em: – e a data de acesso precedida da expressão – Acesso em:.

Ex: BRASIL. Ministério da Agricultura e do abastecimento. **SNPC – Lista de Cultivares protegidas**. Disponível em:<<http://agricultura.gov.br/scpn/list/200.htm>>. Acesso em: 08 set. 2008.

GUNCHO, M. R. A educação à distância e a biblioteca universitária. In: SEMINÁRIO DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 10., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Tec Treina, 1998. 1 CD-ROM.

UNIDADES E SÍMBOLOS DO SISTEMA INTERNACIONAL ADOTADOS PELA REVISTA CAATINGA

Grandezas básicas	Unidades	Símbolos	Exemplos
Comprimento	metro	m	
Massa quilograma	quilograma	kg	
Tempo	segundo	s	
Corrente elétrica	amper	A	
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	
Quantidade de substância	mol	mol	
Unidades derivadas			
Velocidade	---	m s ⁻¹	343 m s ⁻¹
Aceleração	---	m s ⁻²	9,8 m s ⁻²
Volume	Metro cúbico	M ³ , L*	1 m ³ , 1 000 L*
	litro		
Frequência	Hertz	Hz	10 Hz
Massa específica	---	Kg m ⁻³	1.000 kg m ⁻³
Força	newton	N	15 N
Pressão	pascal	pa	1,013.10 ⁵ Pa
Energia	joule	J	4 J

Potência	watt	W	500 W
Calor específico	---	$J (kg\ ^0C)^{-1}$	$4186 J (kg\ ^0C)^{-1}$
Calor latente	---	$J\ kg^{-1}$	$2,26 \cdot 10^6\ J\ kg^{-1}$
Carga elétrica	coulomb	C	1 C
Potencial elétrico	volt	V	25 V
Resistência elétrica	ohm	Ω	29 Ω
Intensidade de energia	Watts/metros quadrado	$W\ m^{-2}$	$1.372\ W\ m^{-2}$
Concentração	Mol/metro cúbico	$Mol\ m^{-3}$	$500\ mol\ m^{-3}$
Condutância elétrica	siemens	S	300 S
Condutividade elétrica	desiemens/metr o	$dS\ m^{-1}$	$5\ dS\ m^{-1}$
Temperatura	Grau Celsius	0C	$25\ ^0C$
Ângulo	Grau	0	30^0
Porcentagem	---	%	45%

Números mencionados em sequência devem ser separados por **ponto e vírgula (;)**. Ex: 2,5; 4,8; 5,3