



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

DAMIANA AMANCIO DE SOUZA

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. INOCULADA COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS

Cruz das Almas - BA

2017

DAMIANA AMANCIO DE SOUZA

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. INOCULADA COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Coorientadora: Ma. Joice Xavier de Sousa

Cruz das Almas - BA

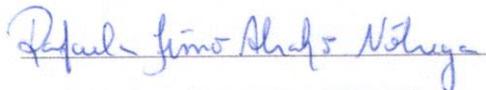
2017

DAMIANA AMANCIO DE SOUZA

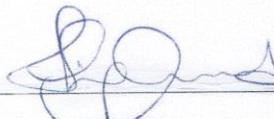
GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. INOCULADA COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora

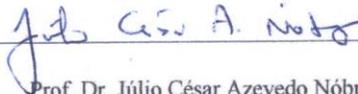
Aprovada em 31/03/2017



Profa. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Profa. Dra. Cintia Armond
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Ma. Joice Xavier de Sousa
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

DEDICO

A Deus, por me abençoar sempre;

Ao meu esposo Silvio e amados filhos, Eduardo e Arthur, por todo amor e confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter tornado tudo isso possível, por ter proporcionado coragem e força em todos os momentos da minha vida e concedido essa vitória.

Aos meus pais João Amancio e Maria da Conceição, pelos ensinamentos transmitidos que servem de alicerce para minha vida.

Ao meu esposo Silvio Carlos pela paciência, amizade e ajuda em todas as fases desse trabalho.

Aos meus filhos Eduardo e Arthur e todos meus familiares pela torcida e incentivo.

À orientadora Professora Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega, pela disponibilidade, paciência, confiança e orientação na realização desse trabalho.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pelo apoio institucional e a FAPESB – pelo financiamento do projeto Biotratamento da manipueira e utilização do resíduo como fonte de microrganismos e bioprodutos de interesse ambiental, agrícola e industrial pelo financiamento do projeto anterior, o qual permitiu o desenvolvimento dessa pesquisa.

À Ma. Jóice Xavier, pelas infinitas contribuições em todos os processos de desenvolvimento e elaboração deste experimento.

Aos colegas do Laboratório de Biologia do Solo, Caeline, João, Andreza, Adélia, Aniele e ao mestrando Leo.

À professora Dra. Fatima Maria de Souza Moreira da Universidade Federal de Lavras por ter cedido as estirpes autorizadas de inoculantes para o feijão-caupi.

À Professora Dra. Ana Cristina Fermino Soares, por ter cedido a casa de vegetação.

Ao professor Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos por ter cedido o clorofilômetro.

Ao Colega Antônio Jilson pela coleta de solo em sua área em Maragogipe - BA.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa experiência, participando direta ou indiretamente e contribuíram para a minha formação profissional.

“Aceita o conselho dos outros, mas nunca desistas da tua própria opinião”.

William Shakespeare

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a germinação e crescimento inicial de feijão-caupi inoculado com bactérias diazotróficas. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológica – CCAAB, em Cruz das Almas - BA. No primeiro experimento o solo coletado no campus experimental da UFRB na camada de 0 – 20 cm, foi autoclavado, no segundo experimento o solo coletado em Maragogipe foi utilizado sem esterilização. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro estirpes em fase de teste (UFRB FA51B1, UFRB FA34C2-2, UFRB BA72C2-1 e UFLA 3-164) duas estirpes autorizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (INPA 3-11B e UFLA 3-84) e dois controles, um com nitrogênio mineral e outro sem inoculante e sem nitrogênio mineral. Avaliaram-se a porcentagem de emergência e germinação, velocidade de emergência e germinação, índice de velocidade de emergência e germinação, coeficiente de velocidade de emergência, primeira contagem de germinação, tempo médio de germinação, índices de clorofila, altura das plântulas, número de folhas, massa seca da parte aérea, eficiência relativa e eficácia. No solo autoclavado, a estirpe em fase de teste, UFRB BA72C2-1, proporcionou as maiores médias de velocidade de emergência e germinação, enquanto a estirpe UFRB FA51B1, também em fase de teste, apresentou melhores resultados para massa seca da parte aérea, eficiência relativa e eficácia, sendo semelhante ao controle com nitrogênio mineral. No solo natural a estirpe em fase de seleção UFRB FA34C2-2 mostrou-se eficiente nas variáveis emergência, matéria seca da parte aérea, eficiência relativa e eficácia. A germinação e o desenvolvimento inicial de feijão-caupi foram estimulados pela inoculação de bactérias diazotróficas na sementeira.

Palavras-chave: índice de velocidade de emergência, sementes inoculadas, crescimento vegetal

ABSTRACT

The objective of the work was evaluated as initial germination and growth of cowpea inoculated with diazotrophic bacteria. Two experiments were carried out under greenhouse conditions at the Federal University of the Recôncavo da Bahia - UFRB, at the Center of Agrarian, Environmental and Biological Sciences - CCAAB, in Cruz das Almas - BA. In the first experiment of the soil collected at the experimental campus of UFRB in the 0 - 20 cm layer, it was autoclaved, there was no experiment or collected alone in Maragogipe was used without sterilization. The experimental design was completely randomized with treatments and seven replicates. The treatments consisted of four test stirrups (UFRB FA51B1, UFRB FA34C2-2, UFRB BA72C2-1 and UFLA 3-164) two strains authorized by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (INPA 3-11B and UFLA 3- 84) and two controls, one with mineral nitrogen and the other without inoculant and without mineral nitrogen. Germination and emergency speed index, emergency speed coefficient, first germination count, mean germination time, chlorophyll indices, seedling height, number of germination and germination were determined. Leaves, dry shoot mass, efficiency and efficiency. In the autoclaved soil, a strain in the test phase, UFRB BA72C2-1, provided the highest averages of emergence velocity and germination, whereas a UFRB FA51B1 strain, also in the test phase, presented better results for shoot dry mass, Relative And efficacy, having as control the mineral nitrogen. In the natural soil the strain in the selection phase UFRB FA34C2-2 proved to be efficient in the emergence, shoot dry matter, efficiency and efficiency variables. Germination and initial development of cowpea were stimulated by the inoculation of diazotrophic bacteria at sowing.

Keywords: Emergency speed index, inoculated seeds, plant growth

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de emergência (E), valores médios de velocidade de emergência (VE), índice de velocidade de emergência (IVE), coeficiência de velocidade de emergência (CVE), porcentagem de germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG) e tempo médio de germinação (TMG), obtidos em plântulas de feijão-caupi, em vasos com solo autoclavado com diferentes fontes de nitrogênio.....Página 24

Tabela 2. Porcentagem de emergência (E), valores médios de velocidade de emergência (VE), índice de velocidade de emergência (IVE), coeficiência de velocidade de emergência (CVE), porcentagem de germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG) e tempo médio de germinação (TMG), obtidos em plântulas de feijão-caupi, em vasos com solo natural com diferentes fontes de nitrogênio. Página 25

Tabela 3. Valores médios de clorofila *a*, *b* e total, altura (H), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa em relação ao controle nitrogenado (EFRE) e eficácia (EFCA), obtidos em plântulas de feijão-caupi, em vasos com solo autoclavado, com diferentes fontes de nitrogênio. Página 27

Tabela 4. Valores médios de clorofila *a*, *b* e total, altura (H), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa em relação ao controle nitrogenado (EFRE) e eficácia (EFCA), obtidos em plântulas de feijão-caupi, em vasos com solo natural, com diferentes fontes de nitrogênio..... Página 28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA - Ácido indolacético

CCAAB - Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CVE - Coeficiente de velocidade de emergência

E - Porcentagem de emergência

EFCA - Eficácia

EFRE - Eficiência relativa

FBN - Fixação biológica de nitrogênio

G - Porcentagem de germinação

H – Altura

IVE - Índice de velocidade de emergência

IVG - Índice de velocidade de germinação

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MSPA - Matéria seca da parte aérea

N - Nitrogênio

PCG - Primeira contagem de germinação

TMG - Tempo médio de germinação

UFLA - Universidade Federal de Lavras

UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

VE - Velocidade de emergência

VG - Velocidade de germinação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	14
	2.1 Objetivo geral.....	14
	2.2 Objetivos específicos	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
	3.1 Aspectos gerais sobre a cultura do feijão-caupi.....	15
	3.2 Leguminosas e bactérias diazotróficas.....	16
	3.3 Influência dos hormônios vegetais na germinação e desenvolvimento das plântulas	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6	CONCLUSÕES.....	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi ou feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de grande relevância agrônômica e econômica por ser um dos grãos mais consumidos no Brasil, consistindo em uma importante fonte de proteína, minerais e fibras. Apresenta aspectos que facilitam seu cultivo, como ciclo curto, resistência a déficit hídrico e adaptação a solos de baixa fertilidade (ZILLI et al., 2009; XAVIER et al., 2012; COSTA et al., 2014a).

Essa espécie também é considerada promíscua, capaz de estabelecer relações simbióticas com diversos gêneros de bactérias diazotróficas (COSTA et al., 2011), sendo constantemente utilizada em estudos de promoção de crescimento vegetal, seja por fixação biológica de nitrogênio - FBN ou outros processos biológicos (MARRA et al., 2012; COSTA et al., 2014a; PAIS et al., 2016). Diversos estudos mostram a eficiência da inoculação no crescimento e produtividade do feijão-caupi (LACERDA et al., 2004; GUALTER et al., 2011; ZILLI et al., 2011; CHAGAS JÚNIOR et al., 2014; COSTA et al., 2014a). Contudo, não há dados experimentais elucidando o efeito da inoculação no desenvolvimento inicial dessa cultura e somente um relato recente de seleção de bactérias para a região do Recôncavo (SOUSA, 2017).

A produtividade do feijão-caupi no Brasil ainda é considerada baixa, com média de 480 kg ha⁻¹. No entanto, quando cultivado pós soja na região dos cerrados do Nordeste e Centro-Oeste brasileiro pode alcançar médias de produção maior que 1,6 t ha⁻¹, e no estado da Bahia a produtividade é de 528 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Para uma boa produtividade das culturas, o uso de sementes de qualidade é essencial para garantir o potencial da emergência e germinação das plântulas. Além disso, a escolha do cultivar, manejo da adubação, inoculação das sementes com rizóbio ou a combinação desses fatores, contribui para um melhor rendimento (DUTRA et al., 2012). No entanto, alguns cultivares podem não apresentar boa qualidade fisiológica, como é o caso do cultivar de feijão-caupi EPACE-10, sendo seu desempenho relatado como intermediário para os parâmetros de germinação (DUTRA et al., 2007; GOMES et al., 2008).

A qualidade das sementes é alcançada durante o processo de produção e pode ser estimulada pela atuação de reguladores do crescimento vegetal. Esses podem ser definidos como substâncias naturais ou sintéticas, que tem por finalidade, melhorar a qualidade de sementes estimulando a germinação, vigor das plantas e desenvolvimento das culturas (SILVA et al., 2008; MIA; SHAMSUDDIN; MAHMOOD, 2012).

A influência das bactérias promotoras do crescimento vegetal inclui benefícios na germinação, emergência e desenvolvimento das plantas (GARCIA; KNAAK; FIUZA, 2015). Embora a FBN seja o mecanismo mais estudado, essas bactérias podem contribuir diretamente para o crescimento das plantas produzindo substâncias reguladoras do crescimento vegetal como o ácido indolacético (AIA), giberelinas, citocininas (GOPALAKRISHNAN et al., 2015), sendo que, tais microrganismos podem apresentar um ou mais mecanismo de promoção.

Nas fases iniciais do desenvolvimento vegetal, há relatos de que a inoculação com rizóbios do gênero *Bradyrhizobium* sp. promoveu efeitos positivos nos índices de porcentagem de plântulas normais, crescimento de raiz e parte aérea das plântulas de alface (SCHLINDWEIN et al., 2008). A inoculação com rizóbios dos gêneros *Sinorhizobium* e *Rhizobium* aumentou a porcentagem e índice de velocidade de germinação de plântulas de arroz (STROSCHEIN et al., 2011). Em ambos os estudos, esses resultados foram atribuídos à produção de AIA pelas estirpes. Também foi observado que, a produção de giberelinas por bactérias do gênero *Rhizobium*, proporcionou aumentos na emergência das sementes e vigor de plântulas de arroz (MIA; SHAMSUDDIN; MAHMOOD, 2012). Neste contexto, pesquisas devem ser realizadas para verificar a influência das bactérias promotoras de crescimento vegetal na emergência, germinação e desenvolvimento inicial das plântulas do feijão-caupi, que, por conseguinte, poderá favorecer o bom crescimento da cultura em campo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a germinação e desenvolvimento inicial de feijão-caupi inoculado com bactérias diazotróficas.

2.2 Objetivos específicos

Verificar a influência das bactérias diazotróficas na germinação e desenvolvimento inicial de feijão-caupi em solo autoclavado.

Verificar a influência das bactérias diazotróficas na germinação e desenvolvimento inicial de feijão-caupi em solo natural.

.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais sobre a cultura do feijão-caupi

Introduzido no Brasil pelos colonizadores, o feijão-caupi tem origem africana (FREIRE FILHO et al., 2011), sendo cultivado predominantemente na região semiárida do nordeste brasileiro. Seu consumo expande-se de forma intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (FREIRE FILHO et al., 2011). É cultivado, sobretudo, por pequenos agricultores que vendem sua produção excedente para gerar renda extra, e também pós safra da cultura de soja (*Glycine max*) em que altas produtividades são alcançadas.

Essa leguminosa exhibe ciclo curto, pouca exigência hídrica e excelente rusticidade no desenvolvimento em solos de baixa fertilidade (FREIRE FILHO et al., 2008) e é capaz de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, apresentando produtividades semelhantes aos tratamentos com adubação nitrogenada mineral em diversas regiões do Brasil (ALMEIDA et al., 2010; COSTA et al., 2011; GUALTER et al., 2011; ZILLI et al., 2011; COSTA et al., 2014a; SILVA JUNIOR et al., 2014).

É uma importante fonte nutricional e econômica, principalmente para a população de baixo poder aquisitivo, compondo uma das principais dietas alimentar para essa população. É um alimento rico em proteína, minerais e fibras. No Recôncavo entra como ingrediente principal de comidas típicas como acarajé, abará, o feijão tropeiro e arrumadinho.

O feijão-caupi, também conhecido como feijão fradinho, feijão-de-corda ou feijão macassar é uma dicotiledônea pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (PADULOSI; NG, 1997). É uma planta herbácea, de germinação epígea, ou seja, os cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal, de crescimento determinado ou indeterminado, com hábitos de crescimento ereto, semi-erectos, prostados, semi-prostados, ou trepadores (FALL et al., 2003). Com um sistema radicular axial, as raízes suavemente superficiais, algumas atingem dois metros de profundidade, qualidade que afere a espécie resistência ao déficit hídrico.

A inflorescência é do tipo cimeira, localizada na axila da folha, em um pedúnculo que varia de tamanho dependendo dos cultivares. O fruto é em forma de vagem com forma e tamanho variáveis, as sementes encontram-se dispostas em fileiras dentro da vagem, podendo apresentar diversas formas, tamanho e cor do tegumento (MAFRA, 1979).

O ciclo fenológico do feijão-caupi é compreendido em fase vegetativa e fase reprodutiva. A fase vegetativa é composta pela V0 - semeadura, V1 - emergência dos cotilédones na superfície do solo, V2 - abertura completa das folhas unifolioladas completamente separadas, V3 - separação e abertura completa dos folíolos da primeira folha trifoliada, V4 - separação e abertura completa dos folíolos da segunda folha trifoliada, V5 - separação e abertura completa dos folíolos da terceira folha trifoliada, V6 - surgimento do ramo secundário nas axilas das folhas unifolioladas e nas primeiras folhas trifolioladas, V7 - abertura completa da primeira folha do ramo secundário, V8 - abertura completa da segunda folha do ramo secundário e V9 - abertura completa da terceira folha do ramo secundário. A fase reprodutiva é composta pelo R1 - surgimento do primeiro botão floral no ramo principal, R2 - antese da primeira flor, R3 - início da maturação da primeira vagem, R4 - maturação da metade das vagens da planta e R5 - maturação da maioria das vagens da planta (CAMPOS et al., 2000).

3.2 Leguminosas e bactérias diazotróficas

As leguminosas possuem grande importância para alimentação humana e animal, além disso, desempenham um papel importante no ecossistema, em virtude da capacidade dessas em formar simbiose com as bactérias diazotróficas. É considerada a terceira maior família de plantas com cerca de 20.000 espécies (MOREIRA et al., 2013) em 728 gêneros e compõem o grupo das angiospermas; pertence à família Fabaceae que são divididas entre três subfamílias: Papilionoideae (ou Faboideae), Mimosoideae e Caesalpinioideae (MARCHETTI et al., 2011).

A subfamília Papilionoideae é considerada a mais importante economicamente (MARCHETTI et al., 2011). O feijão-caupi, a soja e a lentilha são alguns exemplos dessa subfamília, e são importantes pelo teor proteico dos seus grãos.

As leguminosas compõem uma família da classe das dicotiledôneas. Tem como uma das principais características o fruto em forma de vagem, a maioria delas são capazes de aumentar o teor de N no sistema solo/planta por meio da fixação biológica de nitrogênio

atmosférico que ocorre por meio de uma simbiose entre a leguminosa e microrganismos procarióticos, que possuem a enzima nitrogenase, conhecidas como diazotróficas (MOREIRA et al., 2013; MOREIRA et al., 2010). Essa simbiose leva à formação de nódulos nas raízes das leguminosas que são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, assim o nitrogênio fixado é incorporado pela leguminosa e em troca a planta disponibiliza carboidrato para as bactérias (MOREIRA et al., 2013).

Os diazotróficos abrangem uma ampla gama de microrganismos procariotos, contendo representantes de arqueobactérias, cianobactérias, bactérias gram-positivas e gram-negativas e apresentam grande diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética (MOREIRA et al., 2010). Diversos são os estudos com bactérias diazotróficas que estabelecem simbiose com leguminosas, nos quais a eficiência dessa simbiose é amplamente relatada e bem documentada (COSTA et al., 2011; MARINHO et al., 2014; BULEGON et al., 2016; FARIAS et al., 2016). Estudos proporcionaram a aprovação de cerca de 124 bactérias diazotróficas para produção de inoculantes no Brasil para diversas espécies, de leguminosas, gramíneas e outras (MAPA, 2011).

3.3 Influência dos hormônios vegetais na germinação e desenvolvimento das plântulas

Os fitohormônios, conhecidos como reguladores do crescimento vegetal, desenvolvem importantes funções no desenvolvimento das plantas, como por exemplo, estímulo da germinação, alongamento celular e crescimento radicular (REINHOLD-HUREK; HUREK, 2011). São substâncias orgânicas responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas. Esses hormônios são sintetizados em pequenas concentrações, em algumas regiões das plantas, exercendo diferentes funções, inibindo ou estimulando processos fisiológicos e bioquímicos vitais (TAIZ; ZEIGER, 2006).

As auxinas são produzidas nos ápices dos caules, nas raízes, nas sementes em germinação, nos meristemas de cicatrização, nas folhas novas e nos frutos, as raízes são mais sensíveis à ação delas (SILVA et al., 2008). As auxinas, promovem o crescimento das raízes e a proliferação dos pêlos radiculares, aumentando assim a absorção de água e nutrientes do solo e ainda estimula o alongamento, divisão e diferenciação celular, além de serem responsáveis pela dominância apical (TAIZ; ZEIGER, 2006; GLICK, 2012), promovendo transformações na estrutura das plantas.

A promoção do crescimento das plantas e a nodulação das raízes são ambas afetadas pelo ácido indolacético - AIA. Em geral, o AIA produzido pelas bactérias diazotróficas, estimula a germinação de sementes, aumenta a área de superfície da raiz e comprimento, assim, fornece a planta maior acesso aos nutrientes do solo (GLICK, 2012).

As citocininas estão relacionadas ao processo de senescência foliar, divisão celular, na indução da germinação das sementes, mobilização de nutrientes na dominância apical, entre outros (TAIZ; ZEIGER, 2006; MITTER et al., 2013). As citocininas são sintetizadas nas raízes, em embriões em desenvolvimento, folhas jovens e frutos, também são sintetizadas por bactérias (TAIZ; ZEIGER, 2006).

As giberelinas têm um papel importante na germinação de sementes, estando envolvidas na superação da dormência e na hidrólise de reservas. Esse fitohormônio estimula o crescimento das hastes e folhas das plantas, o desenvolvimento de flores, frutos e nas sementes em fase de germinação e exercem pouco efeito sobre as raízes (MITTER et al., 2013; LAVAGNINI et al., 2014). As giberelinas são produzidas em meristemas apicais do caule e raiz, em folhas jovens e no embrião da semente. Elas agem na germinação das sementes, trabalhando, com a quebra de dormência e no controle da hidrólise de reservas, promovendo o crescimento do embrião e a emergência da plântula (TAIZ; ZEIGER, 2006; LAVAGNINI et al., 2014).

O transporte da giberelina é apolar, é feito pelo xilema e floema, do ápice até a base. É muito importante na germinação das sementes, ou seja, quando iniciado o processo de germinação e a semente começa a absorver água, isso induz o embrião a produzir giberelina iniciando a germinação e seu crescimento (LAVAGNINI et al., 2014). As giberelinas são conhecidas como reguladores da altura dos vegetais.

O hormônio vegetal etileno é uma das moléculas mais simples com atividade biológica. O gás etileno é um fitohormônio produzido pelas bactérias promotoras do crescimento vegetal, solicitado na quebra da dormência de sementes e aumento do número de raiz (BABALOLA, 2010; GLICK, 2012).

A qualidade da semente, que é determinada por fatores genéticos, físicos, sanitários e fisiológicos (AMBROSANO et al., 1999), interfere na germinação e no desenvolvimento de qualquer cultura. A preservação das qualidades fisiológicas das sementes é fundamental para se obter maior produtividade. As sementes quando não armazenada adequadamente ficam

propicia a maior incidência de pragas e doenças. Portanto, o tratamento das sementes para melhorar sua qualidade é uma prática empregada com frequência, que consiste em adicionar produtos as sementes para protegê-las contra pragas, doenças e conseqüentemente melhorar a produtividade (ALMEIDA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2015).

Além da FBN, as bactérias diazotróficas são capazes de promover o crescimento vegetal através de outros processos biológicos, como a produção de substâncias que auxiliam no crescimento radicular, por meio da produção de hormônios vegetais ou reguladores do crescimento vegetal como o ácido indolacético, giberelinas, etileno e citocininas (CATTELAN, 1999; MOREIRA et al., 2010; REINHOLD-HUREK; HUREK, 2011).

Nas fases iniciais do desenvolvimento vegetal, há relatos de que, a inoculação com rizóbios do gênero *Bradyrhizobium*, promoveu alguns dos parâmetros de germinação e de crescimento das plântulas de alface, sendo atribuído à produção de baixas quantidades de AIA (SCHLINDWEIN et al., 2008). Pesquisas mostram a eficiência da inoculação no desenvolvimento e na produção do feijão-caupi, assim como no processo de FBN (ZILLI et al., 2009; COSTA et al., 2011; GUALTER et al., 2011; ZILLI et al., 2011; CHAGAS JUNIOR et al., 2014) e novas estirpes de rizóbios tem sido testadas para a comprovação de sua eficiência na nodulação dessa leguminosa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos na casa de vegetação, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológica – CCAAB, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas - BA (12°40'19''S e 39°06'22''W), por um período de 30 dias.

Utilizou-se o cultivar de feijão-caupi EPACE-10 para os dois ensaios, o qual é cultivado na região do Recôncavo, em que a cultura é tradicionalmente familiar, com uso de poucos insumos. As sementes foram adquiridas na feira livre. Para as instalações dos experimentos coletaram-se amostras da camada de 0-20 cm de um Latossolo Amarelo distrocoeso.

No primeiro experimento, as amostras de solo foram coletadas no campus experimental da UFRB. Possui histórico de cultivo convencional, sendo cultivado pela última vez com a cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) e não possui histórico de utilização de qualquer tipo de inoculante. O solo foi passado em peneira com malha de 4 mm de abertura, acondicionado em sacos plásticos e esterilizado em autoclave, na temperatura de 120°C por 1 h e meia, por 2 dias seguidos, posteriormente, foi colocado em vasos com capacidade de 5 L. Os atributos químicos avaliados na camada de 0 a 0,20 cm foram: M.O: 14,4 g dm⁻³; pH (H₂O): 5,8; S: 6,9 mg dm⁻³; P: 10,9 mg dm⁻³; K: 37,6 mg dm⁻³; Ca: 0,5 cmol_c dm; Mg: 0,3 cmol_c dm⁻³; Al: 0,2 cmol_c dm⁻³; H+Al: 1,9 cmol_c dm⁻³; SB: 0,9 cmol_c dm⁻³; CTC: 2,8 cmol_c dm⁻³; V: 32,1%; m: 18,18%; Cu: 0,65 mg dm⁻³; Fe: 55,4 mg dm⁻³; Mn: 20,7 mg dm⁻³; Zn: 1,3 mg dm⁻³; B: 0,37 mg dm⁻³.

No segundo experimento, as amostras de solo foram coletadas em uma área de agricultura familiar da comunidade de Oitizeiro, município de Maragogipe – BA. Possui histórico de cultivo orgânico, sendo anteriormente cultivado com milho (*Zea mays* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O solo também foi passado em peneira com malha de 4 mm de abertura, este foi utilizado sem esterelização e acondicionadas em vasos com capacidade de 3 L. Os atributos químicos avaliados na camada de 0 a 0,20 cm foram: M.O: 14,4 g dm⁻³; pH (H₂O): 5,8; S: 10,4 mg dm⁻³; P: 55,2 mg dm⁻³; K: 86,1 mg dm⁻³; Ca: 1,7 cmol_c dm; Mg: 0,5 cmol_c dm⁻³; Al: 0,2 cmol_c dm⁻³; H+Al: 9,3 cmol_c dm⁻³; SB: 2,4 cmol_c dm⁻³; CTC: 11,7 cmol_c dm⁻³; V: 20,5%; m: 7,69%; Cu: 1,9 mg dm⁻³; Fe: 49,05 mg dm⁻³; Mn: 9,1 mg dm⁻³; Zn: 5,05 mg dm⁻³; B: 0,57 mg dm⁻³.

Para cada experimento utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e sete repetições, compostos por quatro estirpes de rizóbio em fase de seleção, sendo três isoladas de solos com histórico de deposição de manureira: UFRB FA51B1, UFRB FA34C2-2, UFRB BA72C2-1 (SOUSA, 2017) e uma isolada de solos de mineração de bauxita em reabilitação: UFLA 3-164 (MELLONI et al., 2006); duas estripes autorizadas pelo MAPA (2011) para a produção de inoculantes para o feijão-caupi: INPA 3-11B (BR3301) e UFLA 3-84 (BR3302) (LACERDA, et al 2004); e dois controles: um com adição de N mineral, quando foi aplicado 175 mg de N por vaso no solo autoclavado e 105 mg no solo natural e outro sem inoculante e sem aplicação de N mineral.

As bactérias cresceram em meio de cultura 79 semissólido também denominada YMA (FRED; WAKSMAN, 1928), incubadas em estufa tipo BOD com temperatura a 25°C até a fase log (após cinco dias de crescimento com concentração mínima de 10^8 células g^{-1} de inoculante). As sementes foram desinfestadas superficialmente com álcool etílico a 98% (30 s), hipoclorito de sódio a 2% (2 min) e, em seguida, lavadas por três sucessivas vezes com água destilada esterilizada, método também utilizado por Costa et al. (2016).

Foram utilizadas cinco sementes para cada repetição, as quais adicionou-se 1 mL do inoculante sobre a semente. No controle sem inoculação, foram adicionadas 1 mL do meio 79 semissólido, sem inóculo. A aplicação da adubação nitrogenada foi feita 15 dias após a semeadura e a irrigação foi feita diariamente com adição de 200 ml de água por vaso.

Avaliou-se a porcentagem de emergência (E), velocidade de emergência (VE), índice de velocidade de emergência (IVE), coeficiente de velocidade de emergência (CVE), porcentagem de germinação (G) velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG) e tempo médio da germinação (TMG).

Os dados de emergência e germinação das plântulas foram avaliados até os 15 dias após a semeadura. Foram consideradas emergidas as plântulas que apresentavam cotilédones acima do solo, em posição aberta, liberando as folhas primárias. Foram consideradas germinadas as sementes que conseguiram formar plântulas normais, caracterizadas por apresentar todas as estruturas essenciais completas. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A velocidade de emergência (VE) e velocidade de germinação (VG) foi calculada conforme metodologia proposta por Edmond e Drapala (1958), utilizando a seguinte fórmula: $VE \text{ ou } VG = (N_1G_1) + (N_2G_2) + \dots + (N_nG_n) / G_1 + G_2 + \dots + G_n$. Em que: N = número de dias da semeadura a cada contagem; G = número de plântulas emergidas ou germinadas observadas em cada contagem.

O Índice de velocidade de emergência (IVE) e o índice de velocidade de germinação (IVG) foram determinados pelas contagens diárias a partir da emergência ou germinação da primeira plântula, conforme indica Maguire (1962), utilizando a seguinte fórmula: $IVE \text{ ou } IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n)$. Em que: G e N = possuem o mesmo significado da fórmula anterior, sendo a unidade adimensional.

O coeficiente de velocidade de emergência (CVE) foi determinado conforme indica Furbeck et al. (1993), utilizando a fórmula: $CVE = (G_1 + G_2 + \dots + G_n) / (N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n) \times 100$. Em que: G e N = possuem o mesmo significado das fórmulas anteriores.

A primeira contagem de germinação (PCG) foi realizada juntamente com o teste de germinação, sendo a contagem realizada aos cinco dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

O tempo médio de germinação (TMG) foi obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o décimo dia após a semeadura e calculado conforme proposto por Labouriau (1983) através da fórmula: $TMG = \sum (n_i t_i) / \sum n_i$. Em que: n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem; t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem, sendo os resultados expressos em dias.

Para avaliação das clorofilas, utilizou-se o clorofilômetro eletrônico (clorofiLOG CFL 1030) da marca Falker, sendo a unidade expressa como índice de clorofila falker (ICF) de forma adimensional. Avaliou-se também a altura das plantas (H) e número de folhas (NF). Posteriormente, as plantas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçado por 72 horas a 60 °C, após esse período, foi determinado a matéria seca da parte aérea (MSPA). A partir dos dados de MSPA foram determinadas a eficiência relativa em relação ao controle nitrogenado (EFRE), eficácia (EFCA), calculadas pelas seguintes fórmulas: Eficiência relativa= $(MSPA \text{ inoculada}) * 100 / (MSPA \text{ da planta adubada com N mineral})$. Eficácia= $(MSPA \text{ inoculada}) * 100 / (MSPA \text{ da testemunha absoluta})$.

Os dados foram submetidos à análise de variância empregando-se o sistema de análise estatísticas Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2014). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados da PCG foram transformados para $(X + 0,5)^{0,5}$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação das estirpes no primeiro experimento, houve efeito ($p < 0,05$) das fontes de nitrogênio sobre a velocidade de emergência e velocidade de germinação. Não houve diferença ($p > 0,05$) para as variáveis porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, coeficiente de velocidade de emergência, porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação e tempo médio de germinação. A inoculação com as estirpes UFLA 3-164 e UFRB BA72C2-1 resultou em um efeito significativo, com médias superiores para a velocidade de emergência no primeiro experimento. Maiores médias para a velocidade de germinação foram proporcionadas pela estirpe UFRB BA72C2-1 (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de emergência (E), valores médios de velocidade de emergência (VE), índice de velocidade de emergência (IVE), coeficiente de velocidade de emergência (CVE), porcentagem de germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG), e tempo médio de germinação (TMG) obtidos em plântulas de feijão-caupi, no primeiro experimento com diferentes fontes de nitrogênio.

Tratamentos	E	VE	IVE	CVE	G	VG	IVG	PCG	TMG
	%	Dias	Plantas dias	%	%	Dias	Plantas dias	%	Dias
S/N	54,29 a	6,96 b	3,00 a	13,46 a	54,29 a	7,71 b	2,00 a	31,42 a	1,75 a
UFLA 3-164	74,29 a	7,18 a	3,71 a	13,88 a	74,29 a	7,72 b	2,73 a	42,85 a	2,40 a
UFLA 3-84	70,00 a	6,84 b	4,23 a	13,53 a	70,00 a	7,79 b	2,55 a	31,42 a	2,22 a
INPA 3-11B	62,86 a	6,81 b	3,80 a	13,84 a	62,86 a	7,80 b	2,19 a	34,28 a	1,90 a
BA72C2-1	62,86 a	7,17 a	3,11 a	13,60 a	62,86 a	7,93 a	2,16 a	40,00 a	1,87 a
FA34C2-2	62,86 a	6,83 b	3,39 a	13,57 a	62,86 a	7,64 b	2,30 a	48,57 a	2,02 a
FA51B1	54,29 a	6,81 b	3,29 a	13,70 a	54,29 a	7,70 b	2,00 a	34,28 a	1,75 a
CV (%)	30,25	3,48	30,94	2,43	30,25	2,92	33,98	34,83	34,49

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A velocidade com que as plantas emergem e germinam são fatores fundamentais para a sobrevivência e o desenvolvimento da espécie (SILVA et al., 2009), diminuído assim o tempo de exposição da semente às condições adversas e às intempéries. Dessa forma, a estirpe UFRB BA72C2-1 possui potencial para promover a velocidade de emergência e germinação das plântulas de feijão-caupi, assim como a estirpe UFLA 3-164 para a velocidade de emergência. Trabalhos realizados com a cultura do feijão-caupi, até a produção de grãos, indicam que a

estirpe UFLA 3-164 também possui potencial para promover o crescimento desta espécie por meio da fixação biológica de nitrogênio, uma vez que, essa estirpe foi capaz de nodular, produzir massa seca da parte aérea e produtividade iguais ao controle com N mineral em várias regiões do Brasil (FERREIRA et al., 2013; COSTA et al., 2014b; FARIAS et al., 2016; SOUSA, 2017). Para outras culturas como milho e soja a inoculação isolada ou combinada com bactérias diazotróficas dos gêneros *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* promoveram maiores médias para germinação de sementes de soja e milho (CASSÁN et al., 2009).

Destaca-se que, as porcentagens de germinação obtidas neste estudo com a inoculação das estirpes autorizadas pelo MAPA para o feijão-caupi, UFLA 3-84 e INPA 3-11B, e das estirpes em fase de seleção, UFLA 3-164, UFRB BA72C2-1, UFRB FA34C2-2 foram superiores as obtidas por Gomes et al. (2008) utilizando sementes do cultivar de feijão-caupi EPACE-10, sem nenhum inoculante, as quais apresentaram porcentagem de germinação de 58,40%. Tal percentual de germinação encontra-se em torno do obtido no presente estudo quando não foi realizada a inoculação (54,29%).

Na avaliação das estirpes no segundo experimento, verificou-se efeito ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a porcentagem de emergência e germinação. Não houve diferença ($p > 0,05$) para as demais variáveis (Tabela 2) pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Porcentagem de emergência (E), valores médios de velocidade de emergência (VE), índice de velocidade de emergência (IVE), coeficiente de velocidade de emergência (CVE), porcentagem de germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG), e tempo médio de germinação (TMG) obtidos em plântulas de feijão-caupi, para o segundo experimento com diferentes fontes de nitrogênio.

Tratamentos	E %	VE Dias	IVE Plantas dias	CVE %	G %	VG Dias	IVG Plantas dias	PCG %	TMG Dias
S/N	80,00 b	7,11 a	3,90 a	13,66 a	80,00 a	7,86 a	2,72 a	65,71 a	2,36 a
UFLA 3-164	71,43 b	7,04 a	3,79 a	13,38 a	71,43 b	8,22 a	2,05 a	60,00 a	1,72 a
UFLA 3-84	85,71 a	7,35 a	4,04 a	13,05 a	85,71 a	8,15 a	2,54 a	45,71 a	2,13 a
INPA 3-11B	71,43 b	6,81 a	4,39 a	13,53 a	68,57 b	7,79 a	2,57 a	65,71 a	2,24 a
BA72C2-1	88,57 a	7,24 a	3,55 a	13,47 a	88,57 a	8,14 a	2,58 a	51,42 a	2,16 a
FA34C2-2	91,43 a	7,31 a	4,35 a	13,32 a	91,43 a	8,25 a	2,52 a	60,00 a	2,08 a
FA51B1	74,29 b	7,18 a	3,75 a	13,52 a	71,43 b	8,05 a	2,18 a	57,14 a	2,85 a
CV (%)	20,43	5,36	28,9	3,64	17,54	4,21	28,31	26,28	31,21

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Maiores porcentagens de emergência no segundo experimento, foram observadas com a inoculação das estirpes em fase de seleção UFRB FA34C2-2 e UFRB BA72C2-1 da estirpe autorizada UFLA 3-84, com médias de 91,43%; 88,57% e 85,71%, respectivamente, diferindo das demais estirpes e do controle sem inoculação, indicando que essas estirpes possuem potencial para aumentar a porcentagem de emergência das plântulas. As bactérias diazotróficas podem produzir hormônios que, dentro da faixa de concentração benéfica, estimulam a emergência das plântulas, no entanto, concentrações acima dessa faixa benéfica, podem ser tóxicas (SCHLINDWEIN et al., 2008). Portanto, apesar das demais estirpes não influenciarem positivamente a emergência das plântulas, essas também não inibiram, uma vez que, não diferiram do controle sem inoculação.

A inoculação com a estirpe autorizada UFLA 3-84, e as estirpes em fase de seleção UFRB BA72C2-1 e UFRB FA34C2-2 promoveram maiores porcentagens de germinação, no entanto, essas não diferiram do controle sem inoculação. Estes resultados sugerem que nesse solo pode haver uma população nativa de bactérias que por meio de mecanismo de promoção de crescimento vegetal influenciam na germinação do feijão-caupi.

Nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas, a inoculação com rizóbios que produz hormônios vegetais pode aumentar a velocidade da germinação das sementes inoculadas, como observado para alface e arroz (SCHLINDWEIN et al., 2008; VARGAS et al., 2009). Assim pode-se inferir que a porcentagem de emergência e a de germinação pode estar relacionada com a ação dos hormônios vegetais, estimuladas pela acidificação da parede celular, em que a auxina reage como fator essencial, podendo acelerar a germinação de sementes (GLICK, 2012).

Na avaliação do crescimento das plântulas de feijão-caupi inoculado com rizóbios no primeiro experimento, verificou-se diferença ($p < 0,05$) para as variáveis número de folhas, massa seca da parte aérea, eficiência relativa e eficácia (Tabela 3). Para os índices de clorofila *a*, *b*, total e altura das plântulas não houve efeito significativo ($p > 0,05$).

Maior média do número de folhas, no primeiro experimento, foi obtida com a estirpe autorizada INPA 3-11B (Tabela 3). As estirpes UFRB BA72C2-1 e UFRB FA51B1 proporcionaram número de folhas iguais ao controle sem inoculação, esses tratamentos foram superiores as estirpes UFLA 3-164, UFLA 3-84, UFRB FA34C2-2 e ao tratamento com N mineral, esses últimos não diferiram entre si.

Tabela 3. Valores médios de clorofila *a*, *b* e total, altura (H), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa em relação ao controle nitrogenado (EFRE), eficácia (EFCA) obtidos em plântulas de feijão-caupi, no primeiro experimento, com diferentes fontes de nitrogênio.

Fontes de N	Clorofila			H	NF	MSPA	EFRE	EFCA
	<i>a</i>	<i>b</i>	Total	cm planta ⁻¹	unidade	g planta ⁻¹	%	%
S/N	39,70 a	20,34 a	60,04 a	21,64 a	6,56 b	1,25 b	42,94 b	100,00 b
C/N	38,54 a	16,69 a	55,22 a	16,82 a	5,12 c	3,47 a	100,00 a	298,26 a
UFLA 3-164	38,92 a	18,36 a	57,28 a	20,50 a	5,67 c	1,97 b	73,79 b	179,76 b
UFLA 3-84	38,81 a	19,32 a	58,13 a	22,21 a	6,23 c	1,71 b	57,92 b	158,65 b
INPA 3-11B	39,52 a	21,67 a	61,19 a	26,45 a	8,13 a	2,37 b	79,12 b	207,38 b
BA72C2-1	37,73 a	17,22 a	54,96 a	19,01 a	6,74 b	1,66 b	60,83 b	160,25 b
FA34C2-2	40,73 a	21,25 a	61,99 a	22,32 a	6,22 c	1,85 b	63,30 b	165,60 b
FA51B1	39,2 a	21,63 a	60,88 a	23,26 a	6,96 b	2,99 a	104,70 a	262,19 a
CV (%)	7,91	19,7	11,52	25,86	16,36	35,93	30,06	38,71

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A inoculação com a estirpe UFRB FA51B1, que se encontra em fase de teste, promoveu produção de massa seca da parte aérea superior as demais estirpes, incluindo as autorizadas pelo MAPA para feijão-caupi, sendo igual ao controle com N mineral no primeiro experimento. Além da FBN, o aumento da biomassa durante a fase inicial do desenvolvimento das plântulas, também pode ser atribuído ao desenvolvimento diferencial de embriões induzido por reguladores do crescimento vegetal (CASSÁN et al., 2009), que são substâncias que as bactérias diazotróficas também podem sintetizar.

Para a eficiência relativa (tabela 3), a estirpe UFRB FA51B1 destacou-se das demais estirpes com 104,70% e foi estatisticamente igual ao tratamento com N mineral. Essa estirpe também proporcionou os melhores resultados para a eficácia, que compara o efeito das estirpes em relação ao controle sem N, sendo semelhante ao controle com N mineral.

Na avaliação do crescimento das plântulas de feijão-caupi inoculado com rizóbios no segundo experimento, verificou-se diferença significativa para as variáveis, altura, número de folhas, massa seca da parte aérea, eficiência relativa e eficácia (Tabela 4).

Em relação à altura das plântulas, as estirpes em fase de seleção UFRB BA72C2-1, UFRB FA51B1 e UFLA 3-164 proporcionaram médias semelhantes as estirpes autorizadas UFLA 3-84 e INPA 3-11B e ao controle com N mineral, diferindo-se da estirpe em fase de

seleção FA34C2-2 e do controle sem inoculação, demonstrando potencial para promoção de tal característica.

Tabela 4. Valores médios de clorofila *a*, *b* e total, altura (H), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa em relação ao controle nitrogenado (EFRE), eficácia (EFCA) obtidos em plântulas de feijão-caupi, no segundo experimento, com diferentes fontes de nitrogênio.

Fontes de N	Clorofila			H	NF	MSPA	EFRE	EFCA
	<i>a</i>	<i>b</i>	Total	cm planta ⁻¹	unidade	g planta ⁻¹	%	%
S/N	37,18 a	15,59 a	52,77 a	21,65 b	8,59 a	4,32 b	65,27 b	100,00 b
C/N	36,93 a	15,75 a	52,68 a	29,88 a	8,23 a	6,83 a	100,00 a	164,87 a
UFLA 3-164	34,09 a	12,59 a	46,68 a	27,37 a	7,01 b	4,32 b	65,20 b	101,97 b
UFLA 3-84	38,46 a	16,29 a	54,75 a	26,98 a	7,37 b	4,25 b	62,95 b	100,52 b
INPA 3-11B	36,74 a	14,55 a	51,29 a	29,82 a	8,58 a	3,92 b	58,95 b	94,83 b
BA72C2-1	37,45 a	15,50 a	51,54 a	27,92 a	6,91 b	4,27 b	63,41 b	103,72 b
FA34C2-2	36,68 a	14,73 a	51,42 a	22,32 b	7,00 b	7,15 a	107,06 a	167,68 a
FA51B1	35,06 a	13,68 a	48,73 a	27,50 a	8,21 a	3,42 b	52,64 b	78,38 b
CV (%)	8,53	16	11,89	9,67	8,65	23,55	22,16	25,25

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

As plantas inoculadas com as estirpes UFRB FA51B1, INPA 3-11B e as testemunhas com N mineral e sem N apresentaram as maiores médias para o número de folhas, diferindo significativamente dos demais tratamentos (tabela 4).

No segundo experimento, a estirpe UFRB FA34C2-2 proporcionou as maiores médias para as variáveis massa seca da parte aérea, eficiência relativa e eficácia, sendo igual ao controle com N, superando as estirpes autorizadas pelo MAPA e as demais estirpes em fase de teste. Portanto, recomenda-se que sejam realizados estudos para avaliar a eficiência dessa estirpe em condições de campo, para novamente comparar sua eficiência em relação ao controle com N mineral e estirpes autorizadas bem como verificar se essa estirpe poderá ser usada como suprimento por meio da FBN em substituição a adubação nitrogenada mineral.

O feijão-caupi é uma leguminosa considerada promíscua (COSTA et al., 2011) e estudos mostram a eficiência dos rizóbios nativos na promoção do crescimento dessa cultura (ZILLI, et al., 2009; FREITAS et al., 2012; ALCANTARA et al., 2014). Portanto, sugere que a semelhança de alguns dos parâmetros de germinação e crescimento inicial entre os tratamentos inoculados e não inoculados indica a eficiência da população de rizóbios nativos por meio de algum mecanismo de promoção de crescimento vegetal, no solo natural.

Segundo Nóbrega (2006) e Melloni et al. (2006) a falta de diferença entre o controle sem N mineral para as variáveis massa seca da parte aérea e eficiência relativa em relação ao controle nitrogenado, quando comparado aos tratamentos inoculados confirma a competência da população nativa em estabelecer a simbiose com feijão-caupi, leguminosa considerada promíscua. No entanto, para essa cultura em fase de plântulas não há relatos científicos.

A eficiência relativa mede o nível de contribuição dos tratamentos inoculados em relação ao tratamento com adubação nitrogenada. Com base nesta variável, os isolados UFRB FA51B1 e UFRB FA34C2-2 podem acelerar o desenvolvimento do vegetal. Sabendo que uma planta que se desenvolve mais rápido é menos suscetível e tolerante aos estresses ambientais, posteriormente poderá realizar novos estudos com co-inoculação desses isolados na tentativa de se obter plantas mais resistentes, principalmente a pragas e doenças dependendo da combinação e compatibilidade das estirpes envolvidas.

6 CONCLUSÕES

A inoculação com bactérias diazotróficas influencia a germinação e o desenvolvimento inicial de feijão-caupi.

No primeiro experimento, a estirpe em fase de teste, UFRB BA72C2-1, influenciou positivamente alguns parâmetros de germinação. Enquanto a estirpe UFRB FA51B1, também em fase de teste, proporcionou o melhor desenvolvimento inicial do feijão-caupi.

No segundo experimento, a estirpe em fase de seleção UFRB FA34C2-2 promoveu maior emergência e desenvolvimento inicial do feijão-caupi. A estirpe em fase de seleção UFRB BA72C2-1 e a estirpe autorizada UFLA 3- 84 foram eficientes na promoção de maiores porcentagens de emergência.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, R. M. C. M. et al. Eficiência simbiótica de progenitores de cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.1, p.1-9, 2014.

ALMEIDA, A. L. G. et al. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.364-369, 2010.

ALMEIDA, F. A. C. et al. Viabilidade de sementes de feijão macassar tratadas com extrato e vegetal e acondicionada em dois tipos de embalagens. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.2, p.345-351, 2009.

AMBROSANO, E. J. et al. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes de feijoeiro cultivar IAC-Carioca. **Bragantia**, v.58, n.2, p.393-399, 1999.

BABALOLA, O. O. Beneficial bacteria of agricultural limportance. **Biotechnol Letters**, v.32, n.11, p.1559-70, 2010.

BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, p. 399, 2009.

BULEGON, L. G. et al. Crescimento e trocas gasosas no período vegetativo da soja inoculada com bactérias diazotróficas. **Nativa**, v.4, n.5, p.277-286, 2016.

CAMPOS, F. L. et al. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): Uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v.5, n.2, p.110-116, 2000.

CASSÁN, F. D. et al. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seed ling growth in corn (*Zea mays* L.) and soy bean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v.45, n.1, p.28-35, 2009.

CATTELAN, A. J. **Métodos quantitativos para determinação de características bioquímicas e fisiológicas associadas com bactérias promotoras do crescimento vegetal**. Londrina: EMBRAPA/Soja, p.36, 1999.

CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculado com rizóbio e *trichoderma* spp. no cerrado. **Revista Caatinga**, v.27, n.3, p.190-199, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** v.4 Safra 016/2017, Sexto levantamento. Brasília: CONAB, p. 88, 2017.

COSTA, E. M. et al. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.1, p.1-7, 2011.

COSTA, E. M. et al. Resposta de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.4, p.489-494, 2014a.

COSTA, E. M. et al. Crescimento e produtividade de feijão-caupi cultivar BRS Guariba inoculado com estirpes de rizóbio no sudoeste do Piauí. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3073-3084, 2014b.

COSTA, E. M. et al. Bacterial strains from floodplain soils perform different plant growth promoting processes and enhance cowpea growth. **Scientia Agrícola**, v.73, n.4, p.301-310, 2016.

DUTRA, A. S. et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.816-821, 2012.

DUTRA, A. S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi em quatro regiões do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.111-116, 2007.

EDMOND, J.B. DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings American Society for Horticultural Science**, v.71, p.428-434, 1958.

FALL, L. et al. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] varieties determined by ARA and RAPD techniques. **African Journal of Biotechnology**, v.2 n.2, p.48-50, 2003.

FARIAS, T. P. et al. Symbiotic efficiency of rhizobia strains with cowpea in southern maranhão. **Revista Caatinga**, v.29, n.3, p.611-618, 2016.

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

FREIRE FILHO, F. R. et al. Avanços e perspectivas para a cultura do feijão-caupi. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical, quatro décadas de inovação tecnológicas, institucionais e políticas**. Embrapa Informação Tecnológica, v.1, p.235-250, 2008.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão Caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Ed Embrapa Meio Norte, p.10-11, 2011.

FREITAS, A. D. S.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. Yield and biological nitrogen fixation of cowpea varieties in the semi-arid region of Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.45, p.109-114, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2014.

FERREIRA, L. V. M. et al. Biological nitrogen fixation in production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, family farming in Piauí, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.4, p.153-160, 2013.

FURBECK, S.M. et al. Relationship of seed and germination measurements with resistance to seed weathering cotton. **Seed Science and Technology**, v.21, n.3, p.505-512, 1993.

GARCIA, T. V.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico na orizicultura. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.82, p.1-9, 2015.

GLICK, B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. **Scientifica**, v.2012, p.1-15, 2012.

GOMES, D. P. et al. Qualidade fisiológica e incidência de fungos em sementes de feijão-caupi produzidas do estado do Ceará. **Revista Caatinga**, v.21, n.2, p.165-171, 2008.

GOPALAKRISHNAN, S. et al. Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. **3 Biotech**, v.5, n.4, p.355-377, 2015.

GUALTER, R. M. R. et al. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.303-308, 2011.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 174p, 1983.

LACERDA, A. M. et al. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão caupi. **Revista Ceres**, v.51, n.293, p.67-82, 2004.

LAVAGNINI, C. G. et al. Fisiologia vegetal - hormônio giberelina. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia – FAEF**, v.25, n.1, p.48-52, 2014.

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. **Anais...** Goiânia: Ed. EMBRAPA-CNPAF/IITA, p. 1- 39, 1979.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARINHO, R. C. et al. Field performance of new cowpea cultivars inoculated with eficiente nitrogen-fixing rhizobial strains in the Brazilian Semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.5, p.395-402, 2014.

MARCHETTI, M. et al. *Cupriavidus taiwanensis* bacteroids in *Mimosa pudica* Indeterminate nodules are not terminally differentiated. **Applied and Environmental Microbiology**, v.77, n.6, p.2161-2164, 2011.

MARRA, L. M. et al. Biological nitrogen fixation and phosphate solubilization by bacteria isolated from tropical soils. **Plant Soil**, v.357, p.289-307, 2012.

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.5, p.235-246, 2006.

MIA, M. A. B.; SHAMSUDDIN, Z. H.; MAHMOOD, M. Effects of rhizobia and plant growth promoting bacteria inoculation on germination and seedling vigor of lowland rice. **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.6, p.3758-3765, 2012.

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). **Normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura**, Instrução Normativa nº 13, 19 p, 2011.

MITTER, B. et al. Advances in elucidating beneficial interactions between plants, soil, and bacteria. **Advances in Agronomy**, v.121, p.381-445, 2013.

MOREIRA, F. M. S. et al. Bactéria diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.74-99, 2010.

MOREIRA, F. M. S. et al. Bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico que nodulam leguminosas. In: MOREIRA, F. M. S. et al. **O ecossistema solo componente: relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras – MG. ed. UFLA, p.343- 347, 2013.

NÓBREGA, R.S.A. **Efeito de sistemas de uso da terra na Amazônia sobre atributos do solo, ocorrência, eficiência e diversidade de bactérias que nodulam caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]**. Lavras: 2006. p.188. Tese Doutorado - Universidade Federal de Lavras, 2006.

OLIVEIRA, L. M. et al. Qualidades de sementes de feijão-caupi tratadas com produtos químicos e armazenados em condições controladas e não controladas de temperatura e umidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.1263-1276, 2015.

PADULOSI, S. NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN R, A. J. D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). **Advances in cowpea research**. **Ibadan**. International Institute of Tropical Agriculture, Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, p.1-12,1997.

PAIS, A. K. L. et al. Seleção de rizobactérias como promotoras de crescimento em melancia. **Scientia Plena**. v.12, n.4, p.1-8, 2016.

REINHOLD-HUREK, B. HUREK, T. Living inside plants: bacterial endophytes. **Current Opinion in Plant Biology**. v.14, p.435–443, 2011.

SCHLINDWEIN, G. et al. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.658-664, 2008.

SILVA, A. I. S. et al. A. Efeito da temperatura e de tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes de *Adenanthera pavonina* L. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.4, p.815-824, 2009.

SILVA, T. T. A. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciências Agrotécnica**, v.32, n.3, p.840-846, 2008.

SILVA JÚNIOR, E. B. et al. Nodulação e produção de feijão-caupi em resposta à inoculação com diferentes densidades rizobianas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.10, p.804-812, 2014.

SOUSA, J. X. **Promoção do crescimento vegetal por bactérias oriundas de solos com histórico de deposição de manipueira**. Cruz das Almas, 2017. p. 61. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistema) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas, 2017.

STROSCHEIN, M. R. D. et al. Caracterização e influência de rizóbios isolados de alfafa na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de arroz. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p. 1738-1743, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p.819. 2006.

VARGAS, L. K. et al. Occurrence of plant growth-promoting traits in clover-nodulating rhizobia strains isolated from different soils in Rio Grande do Sul state. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1227-1235, 2009.

XAVIER, M.V.A. et al. Óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC. sobre o potencial fisiológico de sementes de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n. esp., p.214-217, 2012.

ZILLI, J. E. et al. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Revista ACTA Amazônica**, v.39, n.4, p.749-758, 2009.

ZILLI, J. E. et al. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p.739-742, 2011.