



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RAPHAEL SILVA JOVINO

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA ESTIRPE ESA 123 DE *Bradyrhizobium* sp. PARA
CULTURA DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea*) EM DIFERENTES CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE – PB

2021

RAPHAEL SILVA JOVINO

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA ESTIRPE ESA 123 DE *Bradyrhizobium* sp. PARA CULTURA DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea*) EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias. **Área de concentração:** Agrobioenergia e Agricultura Familiar

Orientador: Dr. Paulo Ivan Fernandes Júnior

CAMPINA GRANDE – PB

2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

J86e Jovino, Raphael Silva.
Eficiência agrônômica da estirpe ESA 123 de *Bradyrhizobium* sp. para cultura do amendoim (*Arachis hypogaea*) em diferentes condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro [manuscrito] / Raphael Silva Jovino. - 2021.

40 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2021.

"Orientação : Prof. Dr. Paulo Ivan Fernandes Júnior, Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."

1. Amendoim. 2. Rizobactérias. 3. Fixação Biológica de Nitrogênio. I. Título

21. ed. CDD 633.368

RAPHAEL SILVA JOVINO

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA ESTIRPE ESA 123 DE *Bradyrhizobium* sp. PARA CULTURA DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea*) EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias. **Área de concentração:** Agrobioenergia e Agricultura Familiar

Aprovada em: 18 /03 / 2021.

BANCA EXAMINADORA



Dr^a Liziane Maria de Lima – Embrapa Algodão
Examinadora Interna



Dr^a Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos – UFRPE
Examinadora Externa



Dr. Paulo Ivan Fernandes Júnior – Embrapa Semiárido
Orientador

A minha sobrinha Ana Sophia Barbosa Jovino, o grande amor da minha vida, que ao longo dessa jornada acadêmica me deixou. Obrigado por todo amor que você me proporcionou sentir. TE AMO ETERNAMENTE.

(In memoriam)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) a Embrapa Semiárido, e a CAPES pela oportunidade de enriquecer meus conhecimentos profissionais.

Agradeço a Equipe do Laboratório de Microbiologia do Solo Embrapa Semiárido, por toda amizade e colaboração nas atividades realizadas.

Ao meu orientador Paulo Ivan Fernandes Júnior pela orientação e parceria ao longo de todo o mestrado.

Aos meus pais Valmir Pereira Jovino e Jonábia Silva Jovino, por todo apoio fornecido ao longo da minha vida acadêmica.

Aos meus Irmãos Estephânia Silva Jovino, Elizama Silva Jovino e Raiff Silva Jovino.

Aos meus companheiros de turma do Mestrado em Ciências Agrárias 2018, pelo apoio simultâneo em busca do mesmo objetivo, em especial a Auta Paulina, Djailton Figueiredo, Jucelino Sousa, Jutahy Jorge, Luana Apoena, Sabrina Cordeiro e Valdeir Souza.

Aos amigos que fiz ao longo da minha permanência na cidade de Petrolina-PE, amigos esses que dividiram comigo o dia a dia na busca de concluir mais essa etapa da minha vida, me apoiando e incentivando, Ana Cecilia Muniz, Alberto Filho, Cláudia Bonfim, Daniel Almeida, Gabiane Antunes, Jonatha Sento-Sé, Joan Carlos, Rafael Carvalho, Ruth Rodrigues, Tailane, Thaíse Rosa, e Valéria Borges.

Todos esses agradecimentos só foram possíveis graças a Deus que me abençoou e guiou meu caminho, dando força e sabedoria para continuar minha caminhada mesmo em determinados momentos tão difíceis.

RESUMO

O amendoim é uma oleaginosa pertencente à família *Fabacea*, portanto, uma leguminosa com capacidade de associar-se a bactérias do gênero *Rhizobium*. Sua produção no Brasil se concentra na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo. A região Nordeste vem se destacando na produção do amendoim devido ser uma cultura que se adapta as condições climáticas da região. Para o desenvolvimento eficiente a planta de amendoim necessita de nitrogênio, porém, as grandes aplicações de fertilizantes, causam grandes impactos ambientais e aumento no custo da produção. Buscando uma redução nesses aspectos a fixação biológica de nitrogênio é uma alternativa para suprir a demanda de nitrogênio para o amendoim. Por meio da utilização de inoculantes contendo rizóbios, as taxas de nitrogênio fixado tendem a aumentar, proporcionando acréscimos na produtividade. Para maximizar este processo, há necessidade de selecionar estirpes de rizóbio. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a eficiência agrônômica de uma nova estirpe de rizóbio para a cultura do amendoim, visando obter sua validação comercial junto às exigências do MAPA. Os ensaios experimentais foram realizados de acordo com as instruções da normativa da Secretária de Defesa Agropecuária Nº 13, de 24 de março de 2011. Foram avaliados 5 tratamentos com 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os ensaios experimentais foram compostos pelos tratamentos, estirpe ESA 123, SEMIA 6144 (estirpe do inoculante comercial), aplicação de 40 kg N ha⁻¹, aplicação de 80 kg N ha⁻¹ e um controle absoluto (sem inoculação ou adubação). Sendo cada parcela constituída por 8 linhas de 3 m de comprimento com os espaçamentos de 0,25 e 0,70 m, entre plantas e entre linhas, respectivamente. Ao todo foram realizados quatro ensaios experimentais em campo em diferentes estados do Nordeste. As variáveis avaliadas foram: número de nódulos, massa dos nódulos secos, da parte aérea seca e produtividade de vagens e grãos. Neste contexto, a interação da ESA 123 com a cultura do amendoim obteve resultados satisfatórios no aumento da produtividade, sendo candidata a ser lançada para o uso comercial.

Palavras-chave: Rizobactérias. Fixação Biológica de Nitrogênio. Produtividade. *Arachis hypogaea*.

ABSTRACT

Peanuts are an oilseed belonging to the Fabacea family, therefore, a vegetable with the ability to associate with bacteria of the genus *Rhizobium*. Its production in Brazil is concentrated in the Southeast region, mainly in the state of São Paulo. The Northeast region has been standing out in the production of peanuts due to being a crop that adapts to the climatic conditions of the region. For efficient development, the peanut plant needs nitrogen, however, like large fertilizer applications, they cause great environmental impacts and increase production costs. Seeking a reduction in these aspects, a biological nitrogen correction is an alternative to supply the nitrogen demand for peanuts. Through the use of inoculants containing rhizobia, the corrected nitrogen rates tend to increase, providing increases in productivity. To maximize this process, it is necessary to select rhizobia strains. The objective of this research was to evaluate the agronomic efficiency of a new strain of rhizobia for the peanut crop, to obtain its commercial validation along with the requirements of the MAPA. The experimental tests were carried out in accordance with the instructions of the regulation of the Agricultural Defense Department No. 13, of March 24, 2011. 5 treatments were taken with 4 repetitions, totaling 20 experimental plots. The experimental tests consist of treatments, strain ESA 123, SEMIA 6144 (strain of commercial inoculant), application of 40 kg N ha⁻¹, application of 80 kg N ha⁻¹ and an absolute control (without inoculation or fertilization). With each resulting plot being 8 lines of 3 m in length with spacing of 0.25 and 0.70 m, between plants and lines, respectively. In all, four experimental tests were carried out in different fields in the Northeast. The variables evaluated were: number of nodules, mass of dry nodules, dry aerial part and pod and grain yield. In this context, an interaction of ESA 123 with the peanut crop obtained results in increasing productivity, being a candidate to be launched for commercial use.

Keywords: Rhizobacteria. Biological Nitrogen Fixation, Productivity. *Arachis hypogaea*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Localização dos ensaios experimentais implantados, sendo o ensaio I localizado na cidade de Parnamirim-PE; ensaio II localizado na cidade de Petrolina-PE; ensaio III localizado na cidade de Nossa Senhora da Glória-SE; ensaio IV localizado na cidade de Juazeiro-BA e ensaio V localizado na cidade de Teotônio vilela e ensaio VI localizado na região do submédio São Francisco..... 22
- Tabela 2.** Tratamentos utilizados nos ensaios experimentais: Tratamento I composto pela estirpe ESA 123; tratamento II composto pela SEMIA 6144; tratamento III composto pela aplicação 50% Nitrogênio; tratamento IV composto pela aplicação 100% Nitrogênio e tratamento V composto pela testemunha absoluta. 23
- Tabela 3.** Resultados das análise de solo das amostras coletadas em cada ensaio experimental realizado. 24
- Tabela 4.** Análise dos valores médios da massa seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), massa de nódulos secos (MNS), avaliados na primeira coleta em todos os ensaios experimentais. 27
- Tabela 5.** Análise dos valores médios da produtividade de vagens e grãos, avaliados na segunda coleta em todos os ensaios experimentais. 30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Produção de nódulos por tratamentos em um dos blocos do ensaio experimental realizado em Petrolina-PE..... 29
- Figura 2.** Análise de componentes principais (PC1 + PC2 = 67% da variância) dos dados médios para os diferentes parâmetros avaliados nos quatro experimentos de campo. Sendo parâmetros: massa seca da parte aérea (MSPA); número de nódulos (NN); massa de nódulos secos (MNS); Produção de grãos e Produção de vagens. Os tratamentos estão sinalizados por cores: vermelho - ESA 123; amarelo - SEMIA 6144; azul - 80 kg N ha⁻¹; cinza - testemunha absoluta. 33

LISTA DE ABREVIATURAS

CMISA- Coleção de Cultura de Micro-Organismos de Interesse Agrícola da Embrapa Semiárido

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMPARE - Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária.

ESA - Embrapa Semiárido

FBN Fixação Biológica de Nitrogênio

G- Grama

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento.

MNS - Massa Nódulos Secos.

MSPA - Massa Seca da Parte Aérea.

NN - Número de Nódulos.

PCR- Reação em cadeia da polimerase

SEDAP - Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca.

YM- Yeast Manitol

YMA- Yeast Manitol Agar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	Amendoim	15
3.2	Importância econômica no Brasil	16
3.3	Nitrogênio	17
3.4	Fixação biológica de nitrogênio	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Localização dos ensaios experimentais	22
4.2	Unidade experimental e tratamentos utilizados	23
4.3	Condução dos ensaios experimentais	23
4.3.1	<i>Preparo do inoculante</i>	23
4.3.2	<i>Preparo da área</i>	24
4.3.3	<i>Plantio</i>	25
4.3.4	<i>Duração dos ensaios experimentais e coletas</i>	25
4.4	Variáveis analisadas	25
4.5	Análise estatística	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) apresenta alto teor de óleo e proteína, sendo rico em antioxidantes e gordura monoinsaturada, bastante utilizada na dieta humana. No Sudeste, onde está concentrada a maior produção, o amendoim é cultivado em grandes áreas, portanto, por grandes produtores. Na safra total de 2020/21 estima-se que a produção alcance cerca de 585,3 mil toneladas, um aumento de 3,1 % em relação ao ciclo anterior 2019/20 esse aumento na produção é devido principalmente à adoção de cultivares mais produtivas, aliada as outras tecnologias (CONAB, 2021).

Diversas espécies da família das leguminosas (Fabaceae) podem se associar com bactérias fixadoras de nitrogênio habitantes do solo. Essas bactérias são chamadas coletivamente de “rizóbios” e essa associação simbiótica pode ser explorada na agricultura com a produção de inoculantes contendo estirpes selecionadas. Quando a simbiose é estabelecida, ocorre à associação simbiótica da planta com a bactéria e formam-se estruturas denominadas nódulos, localizadas nas raízes, nestes nódulos infectados pelas bactérias que ocorre o processo de redução do N₂ em formas absorvíveis pela planta, e assim dispensa a utilização de fertilizantes sintéticos. O amendoim pode se beneficiar desta simbiose, o que abre a possibilidade da seleção de pares simbióticos (genótipos vegetais e bactérias) para aumentar a produtividade da cultura.

Para cultura do amendoim, existe no mercado apenas um inoculante registrado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, tendo como origem a utilização da estirpe SEMIA 6144 de *Bradyrhizobium elkanii* (Brasil, 2011). Visando uma maior diversidade de produtos no mercado e maior eficiência em diferentes regiões, como a região Nordeste, é necessário ampliar esse número de produtos para cultura do amendoim. Para tal, o processo de seleção de novas estirpes rizobianas de diversas origens (solos e genótipos vegetais) é válido. Assim, projetos que realizem a estruturação de coleções de culturas por meio do isolamento, caracterização e identificação do potencial para fixação biológica de nitrogênio de novos isolados rizobianos são de grande importância. Estes projetos de escrutínio de estirpes começam com estruturação de grandes coleções, que vão sendo avaliadas passo a passo em ambiente laboratorial, de casa de vegetação, por fim em campo, e pode culminar com estirpes promissoras.

Um exemplo de seleção foi recentemente descrito por Nascimento et al. (2021) que isolaram estirpes bacterianas de milho crescidas em condições de campo no município de Petrolina, PE. Neste estudo, os autores estruturaram uma coleção de 79 bactérias diferentes que

foram avaliadas em laboratório e posteriormente em casa de vegetação. Por fim, 9 estirpes promissoras foram identificadas e avaliadas em campo, o que revelou três *Bacillus spp.* e 1 *Paenibacillus spp.* com potencial para avaliações em rede.

Para a cultura do amendoim, Jain et al. (2020) isolaram 30 estirpes de nódulos do amendoim cultivado em solos da província de Rajasthan, na região semiárida da Índia. Após sucessivos testes de mecanismos de promoção do crescimento em condições de laboratório e a capacidade de fixar N em um experimento em condições de casa de vegetação, os autores selecionaram três estirpes potenciais para serem avaliadas em campo. Neste ensaio, a estirpe *Bradyrhizobium sp.* SBD-223 apresentou-se eficaz no aumento da produtividade do amendoim, se comparado com o tratamento sem inoculação e sem adubação. Estes exemplos mostram que estirpes de bactérias nativas de solos de regiões semiáridas podem ser eficazes na promoção do crescimento e da produtividade vegetal, incentivando a prospectar bactérias nativas para o amendoim.

A equipe da Embrapa Semiárido tem coordenado projetos desde 2012 objetivando o isolamento de rizóbios para a cultura do amendoim. Uma grande coleção com mais de 450 isolados foi estruturada a partir de amostras de solos dos municípios de Barbalha (CE), Campina Grande (PB), Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). Essa coleção foi avaliada no laboratório quanto aos mecanismos de promoção do crescimento e quanto à amplificação de genes simbióticos por Cunha et al. (2013) e Ferreira et al. (2014). Em ensaios em condições de casa de vegetação, uma dessas estirpes (ESA 123) se destacou comparando a outros isolados de amendoim (Santos et al., 2017a). Esta performance habilitou a estirpe ESA 123, que foi identificada como *Bradyrhizobium sp.* pelo sequenciamento do gene 16S rRNA (Barbosa et al., 2018), a ser avaliada preliminarmente em condições de campo em três localidades do Nordeste (Abreu e Lima-PE, Campina Grande-PB e Barbalha-CE) demonstrando desempenho superior na produtividade de vagens se comparada com o tratamento não inoculado e superior ao tratamento inoculado com a estirpe comercial SEMIA 6144 (Sizenando et al., 2016a). Estes relatos demonstram que a estirpe ESA 123 vem apresentando excelentes resultados, o que leva a busca da validação junto ao MAPA de sua eficiência.

A estirpe ESA 123 está depositada na Coleção de Culturas de Micro-organismos de Interesse Agrícola da Embrapa Semiárido (CMISA). Esta estirpe foi isolada do solo da estação experimental de Barbalha (CE) nas dependências da Embrapa Algodão. Esta é uma área onde há experimentação constante com a cultura do amendoim e, provavelmente, há uma população de rizóbios estabelecida.

Além das características relacionadas anteriormente, o *Bradyrhizobium* sp. ESA 123 apresenta potencial para mitigar os efeitos do déficit hídrico em genótipos de amendoim. Barbosa et al. (2018) avaliou a inoculação de genótipos eretos de amendoim com a estirpe ESA 123 e a estirpe comercial SEMIA 6144. Os resultados demonstraram que quando submetidas ao estresse hídrico, apesar de apresentarem efeitos no crescimento, as alterações fisiológicas desencadeadas pelo inoculante ESA 123, ao nível de enzimas da atividade de enzimas do estresse oxidativo Superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) resulta em redução dos danos causados pelo estresse hídrico, e manutenção do ganho de massa seca.

Brito et al. (2016) relataram que genótipos de amendoim, tipo “Runner”, inoculados com a estirpe ESA 123, em condições de estresse hídrico apresentaram maior média para altura de planta, massa seca da parte aérea e das raízes e número de nódulos em relação aos demais tratamentos, concluindo que houve contribuição da estirpe ESA 123 para mitigar os efeitos do estresse hídrico. Neste mesmo estudo, foi feita uma avaliação da expressão dos genes NCED e ERF8 em plantas de amendoim submetidas a estresse hídrico e inoculadas com a estirpe ESA 123, a qual demonstrou aumento da expressão desses genes nas plantas avaliadas, sugerindo uma participação importante da ESA 123 na ativação de cascatas metabólicas para proteção das plantas sob déficit hídrico (BRITO et al., 2019).

As características constatadas no histórico de avaliação da estirpe *Bradyrhizobium* sp. ESA 123, contribuem para sua inclusão na lista oficial de micro-organismos autorizados a compor os inoculantes rizobianos no Brasil. Contudo isso só pode ser alcançado após a realização de ensaios de campo padronizados, de acordo com as determinações do MAPA na IN 12/2011 (Brasil, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Validar a eficiência agronômica da estirpe ESA 123 para a cultura do amendoim em diferentes condições edafoclimáticas do semiárido Brasileiro de acordo com as determinações do MAPA.

2.2 Específicos

- Analisar o desenvolvimento em campo das plantas de amendoim inoculadas com ESA 123, em diferentes localidades do semiárido brasileiro;
- Avaliar a influência da estirpe ESA 123 sobre a produtividade do amendoim em diferentes localidades do Semiárido brasileiro.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma oleaginosa que engloba mais de 80 espécies já identificadas (KRAPOVICKAS & GREGORY, 1994). Sua origem se dá na América do Sul, sendo distribuída naturalmente no Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (VALLS & SIMPSON, 1994). A planta do amendoim possui flores ricas em néctar e suas sementes contêm alta quantidade de calorias sendo fonte de nutrientes como Cálcio e Ferro além da presença de vitaminas B1, B2, e E (ALLEN, 1981). Por ser uma espécie leguminosa, possui característica que permite associação com bactérias fixadoras de nitrogênio. As leguminosas são um grande grupo de plantas que constituem a terceira maior família de angiospermas. A maioria delas tem a capacidade de estabelecer simbioses com bactérias diazotróficas, conhecidas como rizóbios, que induzem nódulos radiculares onde ocorre a fixação biológica de nitrogênio (GROVER et al., 2010).

As pesquisas com amendoim na Embrapa Algodão iniciaram em 1986, sendo o maior incentivo na pesquisa em 1990 quando teve início o Projeto Amendoim. Os esforços para desenvolver o referido projeto contou com o apoio de uma equipe multidisciplinar e interinstitucional distribuída em cinco Estados da região Nordeste. Os métodos utilizados pela equipe envolvem a introdução, seleção e hibridação. A obtenção de variedades produtivas e resistentes à seca estão entre os principais objetivos do programa. Outras características como produção de vagem concentrada, resistência às doenças, e precocidade são também importantes na constituição das populações base que alimentam o programa (SANTOS, 1999).

Em estudo realizado no agreste Paraibano sobre eficiência reprodutiva e análise de correlação em genótipos de amendoim Santos et al (2000) apresentaram genótipos selecionados promissores para produção de vagens e verificaram quais caracteres são de maior contribuição seletiva para ser adotado na rotina do melhoramento genético dessa oleaginosa, os resultados mostram que os genótipos CNPA 30 AM, BR 1, CNPA 17 AM, CNPA 6 AM, CNPA 4 AM, CNPA 7 AM, CNPA 16 AM e CNPA 46 AM concentram mais de 50% dos ginóforos nos primeiros 15 cm da base da planta, apresentam também produção de vagens superior à média e eficiência reprodutiva superior a 30%.

Santos et al (2000b) analisaram a correlação e o coeficiente de trilha em 5 caracteres ligados à produção do amendoim, com objetivo de verificar sua influência na produção de grãos

dessa oleaginosa, concluindo que o rendimento em vagens é um critério seletivo para elevar a produção de sementes no melhoramento do amendoim e a porcentagem de vagem chocha é negativamente correlacionada com o rendimento em sementes, devendo ser mantida sob controle nos processos da seleção.

No quesito produtividade, em pesquisa realizada na cidade de Barbalha-CE Santos et al (2012) avaliaram linhagens de elite e cultivares de amendoim rasteiro quanto produtividade de grãos e óleo, visando indicação ao mercado de óleo comestível ou combustível. O estudo concluiu que os genótipos mais promissores para o mercado oleoquímico, considerando-se a produtividade em sementes e em óleo, além da relação O/L, são BRS Pérola Branca e LViPE-06, trazendo também a linhagem LGoPE-06 como muito promissora.

Inter-relações entre descritores bioquímicos e agrônômicos foram avaliadas em genótipos de amendoim buscando identificar indicadores de seleção para tolerância a pragas de grãos armazenados, com base na capacidade inibitória para tripsina e quimotripsina, onde foram avaliados 10 genótipos e suas sementes utilizadas para os ensaios bioquímicos. Sete genótipos revelaram alta capacidade inibitória para tripsina, com mais de 80% de inibição, mas, para quimotripsina, observou-se baixa inibição em todos os genótipos. Nas análises de correlação não foram observadas inter-relações significativas entre os inibidores e as demais variáveis, com exceção de inibidor de tripsina x proteínas nas folhas, que revelou correlação negativa de alta magnitude indicando que alto teor de proteínas nas folhas pode reduzir o nível de inibidor de tripsina nas sementes. Este descritor poderia ser utilizado como indicador de seleção para tolerância a pragas de grãos armazenados, com o benefício de não destruir a semente (SANTOS et al., 2014).

3.2 Importância econômica no Brasil

A produção de amendoim no Brasil se concentra na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, que é responsável por mais de 90% da área cultivada (CONAB, 2020). Aproximadamente 80% das lavouras de amendoim desse estado são plantadas nos intervalos feito em rotação e meiose de renovação da cana-de-açúcar. O constante melhoramento genético de variedades rasteiras, que proporcionam maior produtividade das lavouras, tem sido um dos motivos fundamentais para o salto na produção do amendoim produzido em São Paulo (CONAB, 2021). Os produtores de cana de açúcar promovem a reforma do canavial para recuperar a produtividade da área, utilizando o amendoim como cultura de rotação, por ser uma leguminosa beneficia o solo para o próximo ciclo da cana (MASSAFERA, 2020).

Na região Nordeste, o estado da Bahia destaca-se como principal produtor, seguido de Ceará (CONAB, 2020). A cultura do amendoim no região Nordeste também vem se destacando, o estado da Paraíba apresenta um aumento na área de produção, dados divulgados recentemente já sinalizam que na Paraíba é estimada uma área na safra atual de 600 hectares, com produtividade média de 778 kg/ha, para o amendoim segunda safra (CONAB, 2021). Esse aumento se dá com a participação dos mais de 300 agricultores dos municípios de Itabaiana, Mogeiro, São José dos Ramos, Salgado de São Félix, Pilar, São Miguel de Taipu e Pedras de Fogo, que estão otimistas com o cultivo do amendoim. A produção ocupa numa área de 560 hectares, com perspectiva de colheita de 400 toneladas da leguminosa, tendo o apoio do Governo do Estado, por meio EMPAER, vinculada a SEDAP, e com parceria com a Embrapa (GOVERNO DO ESTADO, 2020).

A comercialização da produção Brasileira é destinada aos mercados interno e externo. A produção interna tem destaque para o consumo em natura e indústria alimentícia. O mercado de exportações corresponde por mais de 50% da comercialização da safra paulista de amendoim, o amendoim descascado representa mais de 80% do total exportado. A alta nas cotações do amendoim e de seus derivados tem reflexos importantes no mercado brasileiro para o produto em suas diferentes etapas da cadeia de produção. Quando considerada a produção agrícola, os preços médios mensais recebidos pelos produtores apresentam tendência de alta. A variação positiva nos preços contribuiu para que o valor da produção paulista de amendoim do ano de 2019 registrasse aumento de 16% em relação ao ano anterior, alcançando R\$ 1,011 bilhão, indicador divulgado pelo Instituto de Economia Agrícola e que aponta o impacto da alta de preços frente à retração da produção da safra 2018/2019 em decorrência das condições climáticas adversas presentes, especialmente no período que antecedeu colheita (SAMPAIO, 2020).

3.3 Nitrogênio

O nitrogênio desempenha papel fundamental na obtenção de altas produtividades, onde ocupa posição de destaque na nutrição mineral de plantas. Entretanto, em decorrência das grandes perdas deste elemento para o ambiente sua eficiência acaba sendo reduzida. Apesar de sua abundância na atmosfera, é o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas, isso por que o N_2 presente na atmosfera não pode ser utilizado pela maioria dos organismos (VIEIRA, 2017). Considerado um macronutriente essencial às plantas, o nitrogênio é um importante

constituente de muitos componentes celulares vegetais (aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila). Sua deficiência é refletida em clorose nas folhas, causando a diminuição da área fotossintética, e posteriormente queda da folha, que conseqüentemente resultará na inibição do desenvolvimento do vegetal (TAIZ et al., 2017).

O nitrogênio existente no solo é proveniente de fontes naturais e da ação do homem, onde estudos mostram que os humanos adicionam cerca de três vezes mais nitrogênio aos ecossistemas terrestres do que as fontes naturais, sendo originado principalmente de fertilizantes sintéticos e manejo de fixação biológica de nitrogênio, através de bactérias fixadoras (BOWLES et al., 2018). Apesar da aplicação de nitrogênio, quando diagnosticada necessária, ser indispensável para o desenvolvimento da planta, o mesmo autor citado acima, traz que, vasta quantidade de nitrogênio disponível no solo tem aumentado gradativamente em áreas de plantações agrícola, porém, a maioria dos insumos agrícolas disponíveis, assim como o nitrogênio, não é absorvida por completo pelas plantas.

A combinação de aplicação em grandes quantidades de nitrogênio, em solos já férteis que prontamente fornecem o nitrogênio a planta, e longos períodos com pouca ou nenhuma absorção de nitrogênio pela planta, levam a uma baixa eficiência de uso do nutriente e conseqüentemente a altas perdas do mesmo, causando assim, prejuízo econômico e ambiental. Os impactos ambientais vistos com essa perda de nutriente, incluem declínios na qualidade da água e biodiversidade nos ecossistemas terrestres e aquáticos, refletindo também no aumento das emissões do óxido nitroso (N₂O), que é considerado um gás potente de efeito estufa (BOWLES et al., 2018). As produções desses fertilizantes nitrogenados são por meio da síntese química da amônia, que gera grandes quantidades de CO₂, que é um gás de efeito estufa.

Em pesquisa realizada por Han et al. (2014), os autores submeteram plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) ao estresse de nitrogênio, e comprovaram que os parâmetros fisiológicos diminuiram sob os tratamentos com nitrogênio insuficiente e sob o nitrogênio excessivo, comparado a aplicação do nitrogênio considerado ótimo, mostrando que o excesso de nutriente também é um fator limitante para o desenvolvimento das plantas. A fixação biológica do nitrogênio em leguminosas é um processo essencial para a sustentabilidade agrícola devido ser uma alternativa de substituição de fertilizantes nitrogenados.

3.4 Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica do nitrogênio consiste no principal processo de incorporação de nitrogênio ao ecossistema, esse processo é realizado por um grupo restrito de procaríotos que

em sua composição possuem a enzima nitrogenase, enzima essa capaz de reduzir o N_2 presente na atmosfera em forma assimilável pelas plantas e outros organismos (MOREIRA et al., 2010). Os microorganismos fixadores de N_2 estão presentes nos mais diversos tipos de habitats e ecossistemas terrestres e aquáticos. De todas as simbioses existentes, as associações de rizóbio com espécies pertencentes à família *Fabaceae* são consideradas as mais importantes em termos econômicos e ecológicos (HUNGRIA et al., 1994).

Cerca de 78% da atmosfera é composta por N_2 , para que esse nitrogênio fique disponível as plantas, é necessário que o N_2 presente na atmosfera seja disponibilizado para as plantas. A fixação biológica do nitrogênio é a principal fonte de disponibilização desses N_2 às plantas, onde esse processo é realizado por alguns procariontes, que tem a capacidade de reduzir o N_2 em amônia, que segue o ciclo até ser reduzido em outras formas que são sintetizadas pelas plantas (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Plantas pertencentes à família Leguminosae possuem características de associação simbiótica com bactérias conhecidas como rizóbio, bactérias essas que interagem com as raízes das plantas formando estruturas denominadas nódulos. Nos nódulos as bactérias fixam o N_2 atmosférico, onde a planta fornece as fontes de carbono e ambiente favorável para ocorrer à fixação. Ao final desse processo, leguminosas de grãos conseguem fixar de 25 a 200 kg N ha⁻¹ por ciclo de crescimento e suprem de 40 a 100 % das necessidades de Nitrogênio da planta (VIEIRA, 2017).

A utilização de estirpes de rizóbios é uma prática reconhecida na agricultura que proporciona resultados econômicos satisfatórios, além da diminuição do uso de fertilizantes, refletindo na diminuição dos impactos ambientais. No Brasil, a soja (*Glycine max*) é a cultura que mais se utiliza da FBN, estima-se que em uma produção de 49 sacos/ha o custo de aplicação com adubação nitrogenada seria de R\$ 906,00/ha. Utilizando inoculantes, o custo por hectare da inoculação é de R\$ 8,00, uma economia de R\$ 898,00/ha. Levando em consideração a área plantada de soja no Brasil, a economia proporcionada gira em torno de bilhões de dólares (EMBRAPA, 2018 A).

Em culturas como a soja (*Glycine max*), a aplicação nitrogenada já foi totalmente dispensada, refletindo no custo de produção e contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais causados pelo intenso uso de fertilizantes (Moreira, 2010). O mesmo é comprovado por Nogueira & Hungria, (2013) onde os autores mostraram que a utilização de inoculantes supriu a necessidade de Nitrogênio requerida pela cultura da soja.

Costa et al. (2013) avaliaram, em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), o potencial de

promoção do crescimento vegetal e a diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos do feijoeiro. As estirpes dos gêneros *Bradyrhizobium sp*, *Rhizobium sp*, *Paenibacillus sp* e *Bacillus sp* fixaram nitrogênio simbioticamente e formaram nódulos em feijão-caupi. O feijão-caupi, quando nodulado eficientemente garante a obtenção de alta produtividade, suprimindo a necessidade da utilização de nitrogênio sintético nas plantas.

Além da eficiência comprovada em leguminosas, estudos com plantas das gramíneas vêm mostrando resultados positivos. Culturas como milho (*Zea mays*) e trigo (*Triticum spp.*) quando submetidas à inoculação com estirpes de *Azospirillum sp.*, apresentaram um aumento no rendimento dos grãos (Hungria et al., 2010).

Costa et al. (2015) trouxeram como alternativa para redução da utilização de fertilizantes, o uso de inoculantes contendo bactérias fixadoras de nitrogênio. Nesta pesquisa, os autores mostraram a eficiência do inoculante com *Azospirillum brasilense* no crescimento e na produtividade do milho (*Zea mays*), as plantas foram submetidas a diferentes níveis de inoculação, verificando-se que a inoculação na semente proporcionou maior produtividade ao milho.

A inoculação na cultura do amendoim não é uma prática muito realizada, devido o amendoim ser uma espécie que possui uma interação com a ampla faixa de rizóbios nativos (capazes de nodular nas raízes) presentes nos solos tropicais (Thies et al., 1991). Apesar do processo de infecção realizado pela espécie oferecer como desvantagens uma maior interação da planta com os rizóbios nativos, a inoculação com estirpes selecionadas, é capaz de aumentar a efetividade da simbiose e aumentar o rendimento do amendoim (Huang et al., 1990).

O MAPA recomenda apenas um isolado destinado á cultura do amendoim, SEMIA 6144, de *Bradyrhizobium sp.*, isolada e avaliada pelo Instituto Agrônômico de Campinas - IAC (Brasil, 2011). A eficiência da SEMIA 6144 foi questionada por alguns autores, Melo (2013) submeteu três genótipos (BR1, BRS Havana e L7 Bege) a inoculação com SEMIA 6144, apenas o genótipo BRS Havana foi beneficiado pela inoculação, com aumento no número de nódulos e peso de vagens. Delfini et al. (2010) também submeteram duas cultivares de a inoculação com SEMIA 6144, verificando aumento no número de nódulos, e do teor de N nas plantas em apenas uma cultivar.

Pesquisas relacionadas a fixação biológica de nitrogênio na cultura do amendoim vem sendo desenvolvidas e mostrando que a utilização de estirpes selecionadas influenciam de maneira positiva na cultura do amendoim. De acordo com Santos et al., (2017c), que submeteram sementes de amendoim a coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e

Azospirillum brasilense, os resultados mostraram que houve melhora na nodulação e a produção de matéria seca das plantas, proporcionando sustentabilidade para o sistema de produção de amendoim, por melhorar a fixação biológica de nitrogênio.

Santos et al. (2017b) usaram 10 isolados bacterianos em plantas de amendoim, observou-se que todas as bactérias foram capazes de nodular eficientemente o amendoim, com ênfase para o isolado SEC 83. Segundo Marcondes et al. (2010) utilizando isolados de bactérias do gênero *Rhizobium sp*, verificaram aumento do nitrogênio total e da matéria seca da parte aérea. Já Melo (2013) comprovou os benefícios (aumento no número de vagens) da simbiose entre genótipos de amendoim e isolado de *Bradyrhizobium*. Ogega et al. (2012) avaliou o aumento na produção do amendoim em regiões de solos salinos, com a utilização de *Bradyrhizobium*.

Visando aprimorar cada vez a tecnologia da fixação biológica de nitrogênio, muitas pesquisas relacionadas à eficiência da fixação biológica de nitrogênio vêm sendo desenvolvidas a fim de selecionar novas estirpes. O processo de validação de novas estirpes para o uso comercial é descrito pela Instrução Normativa da Secretária de Defesa Agropecuária Nº 13, de 24 de março de 2011. A instrução normativa foi estabelecida com objetivo de ditar as normas a serem seguidas para validação de uma nova estirpe. A normativa contém o protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia descrita abaixo está de acordo com o recomendado pela Instrução Normativa da Secretária de Defesa Agropecuária Nº 13, de 24 de março de 2011 (Brasil 2011).

4.1 Localização dos ensaios experimentais

Foram implantados seis ensaios experimentais, no entanto, só quatro foram concluídos, os outros dois foram perdidos devido condições climáticas e baixa emergência das plantas. Informações detalhadas sobre localização dos ensaios experimentais estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Localização dos ensaios experimentais implantados, sendo o ensaio I localizado na cidade de Parnamirim-PE; ensaio II localizado na cidade de Petrolina-PE; ensaio III localizado na cidade de Nossa Senhora da Glória-SE; ensaio IV localizado na cidade de Juazeiro-BA e ensaio V localizado na cidade de Teotônio vilela e ensaio VI localizado na região do submédio São Francisco.

Ensaio experimental	Início/Término	Localização	Latitude Longitude
Ensaio I	14 maio 2019 22 agosto 2019	Estação Experimental Agricultura Irrigada de Parnamirim, campus da UFRPE. Localizada na cidade de Parnamirim-PE.	08° 05' 26" S 39° 34' 42" O
Ensaio II	27 junho 2019 30 setembro 2019	Campo Experimental Bebedouro Embrapa Semiárido. Localizada próximo a Petrolina-PE.	09° 23' 39" S 40° 30' 35" O
Ensaio III	10 junho 2019 10 setembro 2019	Campo Experimental Nossa Senhora da Glória Embrapa Semiárido. Localizada na cidade de Nossa Senhora da Glória-SE.	10° 13' 0" S 37° 25' 27" O
Ensaio IV	12 novembro 2019 21 fevereiro 2020	Campo Experimental de Mandacarú Embrapa Semiárido. Localizada na cidade de Juazeiro-BA.	9° 26' 18" S 40° 30' 19" O
	12 abril 2020	Localizado na cidade de	

Ensaio V	Não concluído	Teotônio vilela- AL.	9° 54' 22" S 36° 21' 8" O
Ensaio VI	26 março 2020 Não concluído	Campo Experimental da Caatinga Embrapa Semiárido. Localizado na região do submédio São Francisco.	09° 23' 39" S 40° 30' 35" O

Fonte: <https://www.geografos.com.br/index.php>

4.2 Unidade experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental adotado foi por 4 blocos casualizados, com 5 repetições, sendo esse delineamento utilizado em todos os ensaios experimentais. A unidade experimental foi composta por 8 linhas de 4 metros de comprimento cada, tomando-se as 4 linhas centrais como área útil, e as 4 linhas laterais como bordaduras. O espaçamento foi de 0,20 m e 0,70 m, entre plantas e entre linhas, respectivamente. A descrição dos tratamentos utilizado nos ensaios experimentais estão descritos da Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos utilizados nos ensaios experimentais: Tratamento I composto pela estirpe ESA 123; tratamento II composto pela SEMIA 6144; tratamento III composto pela aplicação 50% Nitrogênio; tratamento IV composto pela aplicação 100% Nitrogênio e tratamento V composto pela testemunha absoluta.

Tratamentos	Descrição
Tratamento I	ESA 123 - Estirpe avaliada.
Tratamento II	SEMIA 6144 - Estirpe comercial para cultura do amendoim.
Tratamento III	50% Nitrogênio - Aplicação de 40 kg N ha ⁻¹ .
Tratamento IV	100% Nitrogênio - Aplicação de 80 kg N ha ⁻¹ .
Tratamento V	Testemunha absoluta - Sem inoculação ou adubação nitrogenada.

Fonte: Instrução Normativa da Secretária de Defesa Agropecuária No 13, de 24 de março de 2011 (Brasil 2011)

4.3 Condução dos ensaios experimentais

4.3.1 Preparo do inoculante

As estirpes ESA 123 e SEMIA 6144 base dos tratamentos I e II foram cultivadas em

meio líquido YM (Yeast Manitol) (Vincent, 1970) durante um período de sete dias sob agitação constante, até o crescimento exponencial. Em seguida, houve a preparo do inoculante turfoso, sendo 20 g de turfa acondicionada em saco de polipropileno e submetida a autoclavagem (120° C, 1,5 atm por 1 h).

Após resfriamento da turfa, foram adicionados 5 mL do caldo bacteriano produzidos com a estirpes ESA 123 e SEMIA 6144 para cada 20g de turfa e levada ao armazenamento em câmara fria ($10 \pm 3^\circ$ C) até a implantação dos ensaios experimentais. O preparo da turfa aconteceu 7 dias antes do dia do plantio.

4.3.2 Preparo da área

A área de cada ensaio experimental foi preparada com aração seguida de gradagem, sendo coletada uma amostra de solo de cada localidade para avaliação da fertilidade do solo. As análises químicas desses solos (Tabela 3) foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos e Plantas localizado na Embrapa Semiárido. A partir dos resultados, todos os ensaios experimentais receberam adubação de fundação com aplicação de Fósforo (superfosfato simples, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹) e Potássio (cloreto de potássio, 20 kg K₂O ha⁻¹). O suprimento de cálcio, como as áreas não sofreram calagem, ocorreu com a adição de 2,5 kg de gesso agrícola em cada parcela experimental.

Tabela 3. Resultados das análise de solo das amostras coletadas em cada ensaio experimental realizado.

Localização	Determinação																
	C.E	pH	C	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	Cu	Fe	Mn	Zn
	<i>mS cm⁻¹</i>	-	<i>g kg⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>				<i>cmolc dm⁻³</i>					%	<i>mg dm⁻³</i>			
Petrolina-PE	1,06	6,4	0,0	48,60	0,30	0,04	1,4	0,60	0,00	0,2	2,3	2,6	90,7	0,00	0,00	0,00	0,00
NS Glória-SE	0,53	5,3	0,0	2,87	0,45	0,16	1,8	1,00	0,05	1,9	3,4	5,4	64,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Juazeiro-BA	0,63	7,1	0,0	8,48	0,59	0,20	24,4	5,10	0,00	0,0	30,3	30,3	100,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Parnamirim	2,07	6,0	1,26	160	0,60	0,50	16,0	10,0	0,00	1,00	25,0	26,0	96,0	1,35	85,0	13	10

C.E: Condutividade elétrica; pH: Potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Na: sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: saturação de bases; CTC: capacidade troca de cátions; V: saturação por bases; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco.

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Plantas localizado na Embrapa Semiárido – PE 2020

O nitrogênio base dos tratamentos III e IV foi disponibilizado através da aplicação de Ureia, sendo aplicado no tratamento III 40 kg de N-Ureia ha⁻¹ (50% da demanda da cultura) e no tratamento IV aplicado 80 kg de N-Ureia ha⁻¹ (100% da demanda da cultura). As aplicações

foram realizadas em duas etapas, 50% no plantio e 50% no início da floração.

4.3.3 *Plantio*

As cultivares utilizadas foram BR1 (Ensaio II, III e IV) e BRS 151 L7 (Ensaio I), desenvolvidas pela Embrapa, com características de porte ereto, precoce e tolerante a seca, bastante utilizadas na região Nordeste. Seguindo as recomendações de boas práticas de inoculação (Embrapa, 2009) a inoculação das sementes utilizadas nos tratamentos I e II, com o inoculante turfoso, foi realizada nas primeiras horas do dia e 30 minutos antes do plantio, sendo as sementes misturadas ao inoculante turfoso até ficarem aderidas as sementes.

A semeadura de todos os ensaios experimentais foi realizada de forma manual, sendo adicionadas 3 sementes por cova. Os ensaios experimentais I, II, IV foram submetidos a irrigação por sistema de gotejamento, e o ensaio experimental III foi realizado no modo sequeiro.

4.3.4 *Duração dos ensaios experimentais e coletas*

Os ensaios experimentais tiveram duração de aproximadamente 90 dias, nesse período foram realizadas duas coletas em cada ensaio experimental. A primeira coleta ocorreu aos 60 dias e a segunda coleta ocorreu aos 90 dias, fase final do ciclo da cultura.

Na primeira coleta, foram coletadas 10 plantas pertencentes às linhas das bordaduras, que correspondem as 4 linhas das duas pontas de cada parcela. As plantas foram coletadas por completas, com auxílio de uma pá. Em seguida foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o laboratório de Microbiologia do Solo, onde foram realizadas as avaliações. Para a segunda coleta, foram coletadas 40 plantas pertencentes à área útil de cada parcela, que correspondeu as 4 linhas centrais de cada parcela. As plantas foram coletadas com auxílio de pá, sendo retiradas cuidadosamente para não danificar as raízes e as vagens produzidas.

4.4 *Variáveis analisadas*

As plantas da primeira coleta foram submetidas a análise de número de nódulos presentes nas raízes, massa dos nódulos secos, e massa da parte aérea seca. As plantas foram separadas por partes com auxílio de uma tesoura de poda: a parte aérea foi armazenada em sacos de papel e as raízes foram lavadas cuidadosamente em água corrente para retirar o excesso de solo, e em seguida realizada a retirada dos nódulos presente nas raízes. A contagem do número

de nódulos presente nas raízes foi realizada manualmente, sendo a massa seca dos nódulos, e massa seca da parte aérea, submetidas a secagem em estufa a 65 °C até atingir peso constante, após a secagem o material foi pesado em balanças analítica e semi analítica.

As plantas da segunda coleta foram avaliadas quanto a sua produtividade de vagens e grãos. Inicialmente, as raízes contendo as vagens foram expostas ao sol para secagem em um período de 6 dias. Com material seco, foi realizada a retirada das vagens presentes nas raízes. Após separadas, todas as vagens foram submetidas à pesagem, em seguida foi realizada a separação das vagens comercializáveis, das vagens chochas e atacadas por insetos e submetidas a pesagem novamente. Por fim, os grãos foram separados da casca (vagem) e pesados. O peso dos grãos foi utilizado para determinar a produtividade em kg ha⁻¹.

4.5 Análise estatística

Os dados, em separado, foram submetidos a análise de variância, e ao teste de comparação de médias, utilizando os programas Sisvar e Scott-Knott, respectivamente com 5% de probabilidade. Todos os valores médios de cada tratamento foram submetidos à análise de componentes principais utilizando-se o programa PaSt (Hammer et al., 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, encontram-se as médias obtidas para os valores médios da massa seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), e massa de nódulos secos (MNS), referentes a primeira coleta realizada em todos os ensaios experimentais.

Tabela 4. Análise dos valores médios da massa seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), massa de nódulos secos (MNS), avaliados na primeira coleta em todos os ensaios

Tratamentos	MSPA	NN	MNS
	g planta ⁻¹	nod planta ⁻¹	
Parnamirim -PE			
Tratamento I - ESA 123	15.1 a	102 a	0,9 a
Tratamento II - SEMIA 6144	12.0 a	69 a	0,7 a
Tratamento III - 40 kg N ha ⁻¹	15.4 a	67 a	0,3 b
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	12.4 a	53 a	0,3 b
Tratamento V - Test absoluta	15.1 a	67 a	0,7 a
Petrolina -PE			
Tratamento I - ESA 123	28.9 b	170 a	2,5 a
Tratamento II - SEMIA 6144	30.6 b	167 a	2,3 a
Tratamento III - 40 kg N ha ⁻¹	33.5 b	142 a	2,4 a
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	46.3 a	156 a	3,0 a
Tratamento V - Test absoluta	28.6 b	162 a	2,6 a
Juazeiro - BA			
Tratamento I - ESA 123	31.5 a	164 a	0,5 a
Tratamento II - SEMIA 6144	23.2 a	136 b	0,4 a
Tratamento III - 40 kg N ha ⁻¹	24.4 a	72 c	0,5 a
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	24.5 a	71 c	0,4 a
Tratamento V - Test absoluta	21.6 a	117 b	0,4 a
N.S da Glória - SE			
Tratamento I - ESA 123	8.8 a	22 a	1,7 a
Tratamento II - SEMIA 6144	13.1 a	56 a	2,0 a
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	9.4 a	41 a	1,7 a
Tratamento V - Test absoluta	13.9 a	20 a	1,4 a

experimentais.

*Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Skott-knott.

Fonte: Acervo pessoal do pesquisador

Os resultados encontrados na variável massa da parte aérea seca, dispostos na Tabela 4 mostram a não diferença estatisticamente entre os tratamentos dos ensaios realizados nas cidades de Parnamirim – PE, Juazeiro – BA e Nossa Senhora da Glória – SE. O ensaio realizado em Petrolina – PE, alcançou diferença estatisticamente do tratamento IV, para massa da parte aérea, composto por adubação nitrogenada, dos tratamentos I, II, III e V.

De acordo com a tabela 4, na variável número de nódulos os ensaios experimentais realizados nas cidades de Parnamirim – PE, Petrolina – PE e Nossa Senhora da Glória – SE não tiveram diferença entre os tratamentos. Os resultados desses ensaios diferiram do resultado do ensaio experimental realizado na cidade de Juazeiro – BA, (solo com altas concentrações de Ca. Mag e alta SB e CTC) que apresentou diferença estatisticamente entre os tratamentos, sendo o tratamento I responsável pela maior produção no número de nódulos, tratamento esse composto pela estirpe ESA 123, diferindo estatisticamente dos tratamentos II, III, IV e V. Resultados semelhantes foram descritos por Jain et al. (2020) após submeterem cepas de rizóbio nativas a inoculação em cultivar de amendoim, apresentando maior produção no número de nódulos em comparação ao controle não inoculado.

No ensaio experimental realizado em Nossa Senhora da Glória-SE foram descritos apenas quatro tratamentos, isso ocorreu devido a um erro na adubação nitrogenada, levando ao descarte das parcelas.

A presença de nodulação nos tratamentos contendo apenas adubação nitrogenada e na testemunha absoluta, podem ser atribuídos a promiscuidade que o amendoim apresenta, onde a espécie é capaz de nodular com uma gama muito grande de estirpes rizobianas presentes no solo. Thies et al. (1991) atribuiu a baixa utilização da inoculação do amendoim por se tratar de uma espécie considerada capaz de nodular com uma ampla faixa de rizóbios tropicais.

A promiscuidade acontece devido à capacidade de uma leguminosa se associar com uma grande variedade de microssimbiontes (Hirsch et al. 2001). Esse processo é controlado pela comunicação química entre o macro e o microssimbionte e, dessa forma, há o reconhecimento mútuo de sinalização entre ambos. Entre esses compostos, as principais moléculas vegetais são os flavonoides, que quando exsudados desencadeiam a expressão dos genes *NOD* nos rizóbios, iniciando o processo de colonização (COOPER, 2007; JONES et al., 2007; DEGRASSI et al., 2007). Na maioria das leguminosas herbáceas, como na soja e no feijão-caupi, a infecção rizobiana se dá pelo ápice dos pelos radiculados com a invaginação da plasmalema e a formação de um cordão de infecção.

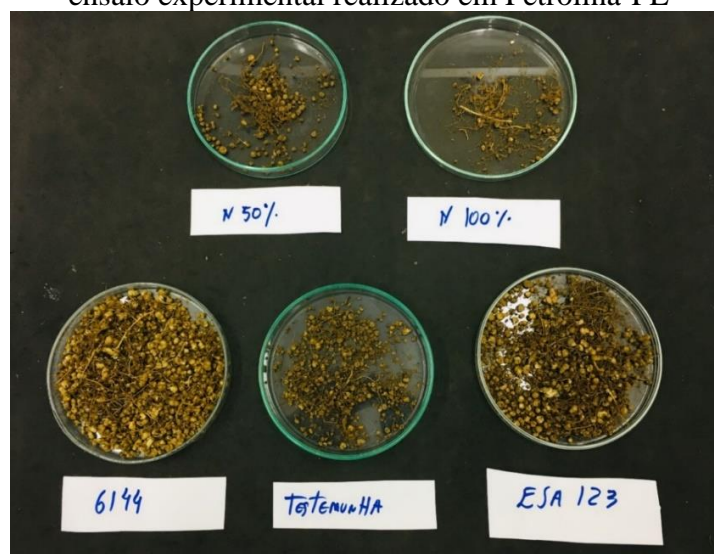
Existe outro processo de infecção nas espécies de leguminosas, a qual se enquadra o

Arachis, esse processo de infecção ocorre por rupturas (feridas) nas raízes, sendo na base da raiz lateral (entry crack), as células infectadas se dividem repetidamente até que ocorra a propagação intercelular, para dar origem ao nódulo (MORGANTE et al., 2007; SHARMA et al., 2020). Este processo de infecção exige menos especificidade e possivelmente, por esse motivo, estas leguminosas reconhecem uma gama maior de fatores nod, sendo colonizadas por um maior número de rizóbios em suas feridas radiculares (SANTOS, 2017a).

A competitividade é um dos fatores mais limitantes e que contribui bastante para o insucesso da inoculação em condições de campo, sendo necessária a estirpe ser eficiente e competitiva. Para competir com as estirpes naturalizadas ou nativas do solo, a bactéria introduzida deve apresentar características genéticas ou fisiológicas que permitam o seu favorecimento (Araújo, 1995). Angelini et al. (2011) em resultados sobre a prevalência de bactérias que ocupam nódulos em plantas de amendoim, concluíram que uma grande diversidade genética de rizóbios ocupam nódulos de planta, sendo a identificação de rizóbios úteis para fins agrícolas, uma estirpe capaz de competir com a população diversificada presente no solo, e possuir um alto desempenho simbiótico torna-se promissora para recomendação na cultura.

A figura 1 abaixo, retrata visualmente a produção de nódulos de um dos blocos pertencente ao ensaio experimental de Petrolina-PE. Podemos observar uma diferença na produção de nódulos nos tratamentos inoculados com as estirpes ESA 123 e SEMIA 6144 em relação aos outros tratamentos.

Figura 1. Produção de nódulos por tratamentos em um dos blocos do ensaio experimental realizado em Petrolina-PE



Fonte: Acervo pessoal do pesquisador

O efeito da nodulação em plantas de amendoim submetidas a estirpe ESA 123 foi descrito por Brito et al. (2019) que submeteram a estirpe ESA 123 em plantas estresse hídrico. O número de nódulos foi duas vezes maior que os outros tratamentos, inclusive o tratamento inoculado com a estirpe SEMIA 6144. Levando em consideração o objetivo dos ensaios experimentais, a produção de nódulos no tratamento contendo a estirpe ESA 123 é uma informação promissora, uma vez que aponta que a estirpe conseguiu competir e sobressair a população rizobiana nativa.

A tabela 4 mostra que em todos os tratamentos verificou-se a ocorrência de nodulação nas plantas, independente da adição dos nitrogenados e dos inoculados, essa nodulação foi suficiente para manter a produção de vagens e de grãos no tratamento V, composto pela testemunha absoluta, em todos os ensaios experimentais, evidenciando o efeito positivo da população rizobiana nativa em cada localidade.

Os resultados encontrados na variável massa de nódulos secos, dispostos na Tabela.4 mostram a diferença estatisticamente entre os tratamentos apenas no ensaio realizado em Parnamirim, onde os tratamentos I, II e V diferiram dos tratamentos III e IV. Os outros ensaios experimentais não apresentaram diferença estatisticamente entre os tratamentos.

A tabela 5 a seguir, contém as análises das médias obtidas para os valores referentes a produtividade de vagens e grãos de cada ensaio experimental realizado. O ensaio experimental realizado em Parnamirim-PE, para a variável produtividade de vagens, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Porém, na variável produtividade de grãos, os tratamentos I, II, III e IV diferiram estatisticamente do tratamento V.

Tabela 5. Análise dos valores médios da produtividade de vagens e grãos, avaliados na segunda coleta em todos os ensaios experimentais.

Tratamentos	VAGENS	GRÃOS
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Parnamirim-PE		
Tratamento I - ESA 123	3003.2 a	2098.7 a
Tratamento II - SEMIA 6144	2673.5 a	1775.2 a
Tratamento III - 40 kg N ha ⁻¹	2261.6 a	1459.3 a
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	2854.0 a	1888.6 a
Tratamento V - Test absoluta	2243.2 a	1495.0 b
Petrolina-PE		

Tratamento I - ESA 123	3930.5 a	2653.5 a
Tratamento II - SEMIA 6144	3925.0 a	2537.2 a
Tratamento III - 40 kg N ha ⁻¹	3947.5 a	2583.5 a
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	4217.2 a	2805.0 a
Tratamento V - Test absoluta	3592.5 b	2318.7 b
Juazeiro-BA		
Tratamento I - ESA 123	4911.5 c	2788.0 b
Tratamento II - SEMIA 6144	4758.2 c	2896.5 b
Tratamento III - 40 kg N ha ⁻¹	5065.5 b	2717.5 b
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	6060.6 a	3801.3 a
Tratamento V - Test absoluta	4267.5 d	2479.2 c
N.S Glória-SE		
Tratamento I - ESA 123	1843.5 a	1126.6 a
Tratamento II - SEMIA 6144	1931.3 a	1130.6 a
Tratamento IV - 80 kg N ha ⁻¹	1937.4 a	1168.6 a
Tratamento V - Test absoluta	1273.1 b	690.0 b

*Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Skott-knott.

Fonte: Acervo pessoal do pesquisador

No ensaio experimental realizado em Petrolina-PE, os tratamentos I, II, III e IV tanto na variável produtividade de vagens, quando na variável produtividade de grãos, diferiram estatisticamente do tratamento V. A produção de vagens dos tratamentos I, II, III e IV obteve resultados semelhantes, sendo superior ao tratamento V. Ressaltamos que mesmo o tratamento I, composto pela ESA 123, tenha sido o terceiro na produção de vagens, na produção de grãos sua produção ficou abaixo apenas do tratamento IV, composto por adubação nitrogenada (Tabela 5).

Para o ensaio experimental realizado em Juazeiro-BA, a variável produtividade de vagens diferiu estatisticamente entre os tratamentos, sendo as maiores produções realizadas pelos tratamentos III e IV, tratamentos compostos por adubações nitrogenadas, seguidos pelo tratamento I, composto pela ESA 123, tratamento II, composto pela SEMIA 6144 e tratamento IV, composto pela testemunha absoluta. A variável produtividade de grãos também houve uma diferença estatisticamente, entre os tratamentos, onde apesar do tratamento III ter produzido uma maior quantidade de vagens em relação ao tratamento I, a produção de grãos do

tratamento I foi superior (Tabela 5).

Por fim, para o ensaio experimental realizado em Nossa Senhora da Glória-SE, os tratamentos I, II, e III diferiram estatisticamente do tratamento IV para a variável produtividade de vagens. Para variável produtividade de grãos, os resultados foram os mesmos, havendo diferença estatisticamente dos tratamentos I, II, III, com o tratamento IV. Observamos mais uma vez a relação produtividade de vagens e produtividade de grãos do tratamento I, composto pela ESA 123, sua produtividade de vagens foi inferior ao tratamento II e III, porém na produtividade de grãos a diferença entre o tratamento I e os tratamentos II e III diminuem (Tabela 5).

Apesar da eficiência da população rizobiana nativa, a estirpe ESA 123 demonstrou potencial de competitividade, que mesmo em regiões com população rizobiana nativa eficientes, a estirpe ESA 123 conseguiu sobressair na produção de nódulos. Uma estirpe para uso comercial deve ser eficiente e competitiva, pois competem pela ocupação dos sítios de infecção e as bactérias mais competitivas tendem a ocupar uma maior quantidade desses sítios e resultar em maior número de nódulos formados (FERNANDES JÚNIOR et al., 2008).

Os resultados encontrados na variável produtividade de vagens e grãos corroboram com Sizenando (2016b) que em pesquisa submeteu duas estirpes de *Bradyrhizobium*, em dois genótipos de amendoim em diferentes ambientes localizados no Nordeste Brasileiro. Os autores observaram que a estirpe ESA 123 apresentou bom desempenho agrônômico, induzindo maior produção de vagens, se comparada com os tratamentos sem inoculação ou adubação. Os resultados do presente estudo sinalizaram a eficiência da estirpe ESA 123, alertando para novos testes em campo e uma futura recomendação da estirpe para inoculantes comerciais na região Nordeste.

Em trabalho conduzido por Gericó (2019), constatou-se o aumento da produtividade de vagens de amendoim quando inoculado com *Bradyrhizobium* sp., além do aumento na massa da parte aérea e dos nódulos. O efeito positivo da inoculação do amendoim por *Bradyrhizobium* também foi constatado por Zapata et al. (2014) que submeteram isolados de *Bradyrhizobium* na cultivar de amendoim Valência, os resultados sinalizaram aumentos significativos no crescimento das plantas, acúmulo de massa seca e no rendimento de vagens.

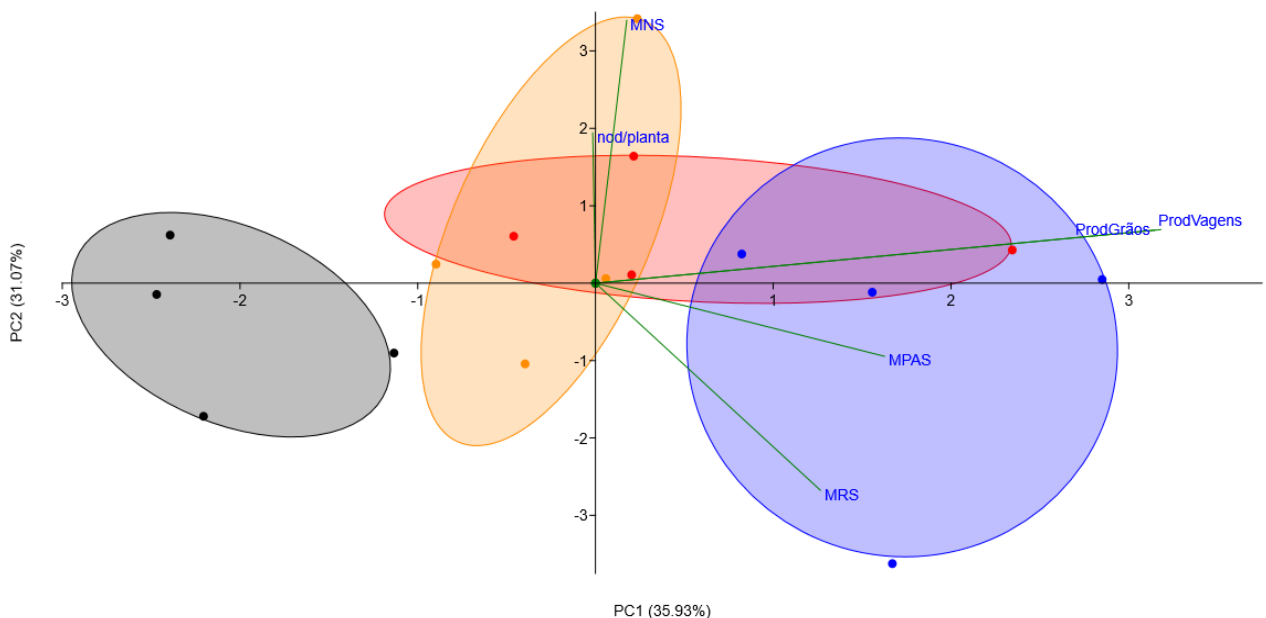
Os experimentos de campo confirmaram a eficácia dos *Bradyrhizobium* isolados, sendo simbioticamente eficientes, resultando no rendimento de grãos. Os dados de desempenho simbiótico e rendimento de grãos foram devidos aos efeitos cumulativos tanto da cultivar quanto da inoculação de rizóbio, o que indica que a seleção de linhagens de rizóbio deve ser

realizada para todas as cultivares utilizadas para produção comercial (JAIN et al., 2020).

Silva (2007) submeteu 2 cultivares de amendoim a 8 tratamentos com inoculação de estirpes de *Bradyrhizobium*, visando avaliar o efeito das estirpes em solos da zona da mata de Pernambuco, concluindo que o amendoim pode estabelecer associação simbiótica com *Bradyrhizobium* spp. sendo capazes de fornecer mais de 80% do nitrogênio necessário para o desenvolvimento da cultura.

Corroborando com os resultados apresentados, a análise de componentes principais indica que a inoculação da estirpe ESA 123 está correlacionada tanto com a adubação com 80 kg de N, como com a inoculação com a estirpe comercial (Figura 2). Nesta PCA, os componentes principais 1 e 2 (PC1 e PC2), explicam 67% da variância observada, o que pode ser considerado satisfatório para este tipo de ensaio (VICARIO et al., 2012).

Figura 2. Análise de componentes principais (PC1 + PC2 = 67% da variância) dos dados médios para os diferentes parâmetros avaliados nos quatro experimentos de campo. Sendo parâmetros: massa seca da parte aérea (MSPA); número de nódulos (NN); massa de nódulos secos (MNS); Produção de grãos e Produção de vagens. Os tratamentos estão sinalizados por cores: vermelho - ESA 123; amarelo - SEMIA 6144; azul - 80 kg N ha⁻¹; cinza - testemunha absoluta.



Fonte: Paulo Ivan Fernandes Júnior

O tratamento com aplicação de N foi o mais relacionado com a produtividade, mas o tratamento com a inoculação com a estirpe ESA 123 também apresentou essa relação com a produtividade. O tratamento ESA 123 encontra-se entre o tratamento com a SEMIA 6144 e o tratamento Nitrogenado. A partir dos resultados dos quatro ensaios de campo realizados em

diferentes localidades do semiárido brasileiro, foi comprovada a eficiência agronômica da estirpe ESA 123 no quesito produtividade de vagens e grãos. Os valores alcançados não diferiram dos observados nos tratamentos inoculados com a estirpe SEMIA 6144 e foram superiores ao observado nos tratamentos controle absoluto (sem aplicação de N ou inoculação), atingindo os requisitos exigidos pelo MAPA para a recomendação de uma nova estirpe de rizóbio para a produção de inoculantes.

6 CONCLUSÕES

Comprovada a eficiência da estirpe ESA 123 na produção de vagens e grãos de amendoim, através de quatro ensaios experimentais.

A estirpe ESA 123 pode ser indicada como futura candidata a ser validada e lançada como inoculante para cultura do amendoim.

REFERÊNCIAS

ALLEN, O. N.; ALLEN, E. K. **The leguminosae; a source book of characteristics, uses, and nodulation.** Madison: The University of Wisconsin Press., p. 812, 1981.

ANGELINI, J., Ibáñez, F., Taurian, T. et al. Um estudo sobre a prevalência de bactérias que ocupam nódulos em plantas individuais de amendoim. **Curr Microbiology** 62, 1752–1759 (2011).

ARAÚJO F.F. **Efeito de *Bacillus* spp. e seus metabólitos na competitividade e na nodulação da soja (*Glycine Max* L. Merrill) por *Bradyrhizobium* spp.** 111p. (Mestrado em Microbiologia) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. 1995.

BARBOSA, D.D., BRITO, S.L., FERNANDES, P.D. et al. **Word J Microbiol Biotechnol** 34:87. 2018.

BOWLES, T. M.; ATALLAH, S. S.; CAMPBELL, E. E.; GAUDIN, A. C. M.; WIEDER, W. R.; GRANDY, A. S. Addressing agricultural nitrogen losses in a changing climate. **Scientific Reports**. [S.I.], volume 01, p. 399-408, 14 aug. 2018.

BRITO, S. L. ; SANTOS, A. B. ; BARBOSA, D. D. ; FERNANDES, P. D. ; FERNANDES-JÚNIOR, P.I. ; LIMA, L. M. . *Bradyrhizobium* spp. as attenuators of water deficit stress in runner peanut genotypes based on physiological and gene expression responses. **Genetics and molecular research**, v. 18, 2019.

BRITO, S. L.; BARBOSA, D. D. ; FERNANDES JÚNIOR, P. I. ; LIMA, L. M. **Parâmetros agrônômicos em genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico e inoculados com *Bradyrhizobium*.** In: II SINPROVS, 2016, triunfo e serra talhada. II SINPROVS triunfo e serra talhada, 2016.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, **Acomp. safra bras. Grãos**, v.7-Safra 2019/20- décimo levantamento, ISSN 2318852 Brasília. 2020.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos **Acomp. safra bras. grãos** v.8– Safra 2020/21, n.5 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-94. INSS 2318-6852. fevereiro 2021.

COOPER JE. Early interactions between legumes and rhizobia: disclosing complexity in a molecular dialogue. **J Appl Microbiol** V.103, P. 1355–1365, 2007.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A. ; de CARVALHO, F. ; TROCHMANN, A. ; FERREIRA, L. V. M. ; MOREIRA, F. M. S. . Promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, p. 1275-1284, 2013.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. ; NAVES, D. C. F. ; SANTOS, C. B. ; ROCHA, A. F. S. . Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize1. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 45, p. 304-311, 2015.

CUNHA J. B. de A.; NUNES, I. A.; GAVA, C. A. T.; SANTOS, R. C. dos; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JUNIOR, P. I. **Diversidade cultural de bactérias isoladas de nódulos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cultivados em solos do Nordeste do Brasil.** In: congresso brasileiro de ciências do solo, 34., 2013. Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

DEGRASSI G, DEVESCOVI G, SOLIS R, STEINDLER L, VENTURI V. *Oryza sativa* rice plants contain molecules which activate different quorum sensing N-acyl homoserine lactone biosensors and are sensitive to the specific AiiA lactonase. **FEMS Microbiol**, v. 269 p. 213–220, 2007

DELFINI, R.; BELGOFF, C.; FERNANDEZ, E.; FABRA, A.; CASTRO, S. Symbiotic nitrogen fixation and nitrate reduction in two peanut cultivars with different growth habit and branching pattern structures. **Plant Growth Regulators**, v.61, n. 2, p. 153–159, 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **500 perguntas 50 respostas Amendoim.** Embrapa informação e tecnologia. Brasília-DF 2009 Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/578407>>. Acesso em: 19 setembro. 2020.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fixação Biológica de Nitrogênio.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acesso em: 12 dezembro. 2018.

FERNANDES JÚNIOR, P.I.; REIS, V.M. . **Algumas Limitações à Fixação Biológica de Nitrogênio em Leguminosas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008.

FERREIRA, T. S. D.; CUNHA J. B. de A.; NASCIMENTO, R. de C.; NASCIMENTO, T. R. do; BARDEN, H. S. S.; GAVA, C. A. T.; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JUNIOR, P. I ; **Amplificação de fragmentos dos genes nifH e nodC em bactérias obtidas de nódulos de amendoim.** In: jornada de iniciação científica da embrapa semiárido, 9., 2014, Petrolina. Anais. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. p. 189-194. (Embrapa Semiárido. Documentos, 261).

GERICÓ, T.G **Efeitos da utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas no desenvolvimento e na produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.)** Pós Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista. Tupã, 2019

GOV. **Cultivo de amendoim garante renda para agricultores paraibanos.** Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/noticias/com-apoio-do-governo-cultivo-de-amendoim-garante-renda-para-agricultores-paraibanos>> 30 Junho, 2020. Acesso em: 08 janeiro, 2021.

GROVER, M., Ali, S. Z., Sandhya, V., Rasul, A., & Venkateswarlu, B. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 27(5), 1231–1240. doi:10.1007/s11274-010-0572-7. 2010.

HAMMER O, HARPER DAT, RYAN PD. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis version 2.09. **Palaeontology Electronic** 4(1):9, 2001.

HAN, P.; LAVOIR, A.-V.; LE BOT, J.; AMIENS-DESNEUX, E.; DESNEUX, N. Nitrogen

and water availability to tomato plants triggers bottom-up effects on the leafminer *Tuta absoluta*. **Scientific Reports**. [S.I.], Volume 04, p. 1-8, 28 mar. 2014.

HIRSCH, A. M.; LUM, M. R.; DOWNIE, J. A. What makes the rhizobia-legume symbiosis so special? **Plant Physiology**. v.127, p.1484-1492, 2001.

HUANG, H.Q.; HE, F.R.; CHEN, Z. H. Study on the Biological Characteristic of fastgrowing peanut rhizobial strains. **Journal Sichuan Agricultural University**, v. 85, n. 8, p. 188–193, 1990.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasiliense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat. **Plant Soil**, v. 331, n. 4, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio na soja. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. In: Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. **Avanços obtidos nos estudos sobre microorganismos do solo de importância agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994

JAIN, D., Sanadhya, S., Saheewala, H. et al. **Análise da diversidade molecular do rizóbio isolado do amendoim, promotor do crescimento da planta e avaliação da sua eficácia no campo**. *Curr Microbiol* 77, 1550–1557 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00284-020-01963-y>

JONES KM, KOBAYASHI H, DAVIES BW, TAGA ME, Walker GC. How rhizobial symbionts invade plants: the *Sinorhizobium-Medicago* model. **Nat Rev Microbiol** 5:619–633, 2007.

KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, W.C. Taxonomia del genero *Arachis* (Leguminosae). **Bonplandia**, v.8, n.1/4, p. 1-186, 1994.

MARCONDES, J.; FERRAUDO, A. S.; SCAQUITTO, D. C.; ALVES, L. M. C.; LEMOS, E. G. M. Efetividade na fixação biológica de nitrogênio de bactérias nativas isoladas de plantas de amendoim. **Revista Ciência & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 21-32, 2010.

MASSAFERA, R. **Amendoim brasileiro pode ter safra recorde este ano**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/outras/amendoim-brasileiro-pode-ter-safra-recorde-este-ano-160320> COPLANA. 16 mar 2020. Acesso em: 08 janeiro, 2021.

MELO, E.B.S. **Parâmetros fisiológicos em genótipos de amendoim inoculados com *Bradyrhizobium***. Campina Grande. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão. 2013

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), **Normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura**, 19 p. (Instrução Normativa nº 13). 2011.

MOREIRA, F.M.S. Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam leguminosae. In: MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J.; BIGNELL, D.E. (Ed.). **Manual de biologia dos solos tropicais: Amostragem e caracterização da biodiversidade**, UFLA, p. 279-312. 2010.

MORGANTE C, CASTRO S, FABRA A., Role of rhizobial EPS in the evasion of peanut defense response during the crack-entry infection process, **Soil Biology and Biochemistry**, V. 39, P.1222-1225, 2007.

NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Oportunidades e ameaças à contribuição da fixação biológica de nitrogênio em leguminosas no Brasil. In.: Iberoamerican Conference on Beneficial plant - microorganism - environment interactions, 2013, Sevilla. Microorganisms for future agriculture. **Anais CNPSO**, p. 510-517, CD-ROM. 2013.

OGEGA, J.K.; OKALEBO, J.R.1; WERE, B.A.; OTINGA, A.N; ONYANGO, D. A.; OTHIENO, C. Effectiveness of *Bradyrhizobia* and lime on yield of groundnuts and maize under intercrop system in acids soils of western Kenya. **Anais of the RUFORUM Biennial Meeting**, p. 1807-1809. 2012.

SANTOS, D. M. S.; BUSH, A.; SILVA, E. R.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F. Bactérias fixadoras de nitrogênio e molibdênio no cultivo do amendoim em solo do Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 84-92, dez. 2017C.

SANTOS, J. W. M. ; SILVA, J. F. ; FERREIRA, T. S. D. ; DIAS, M. A. M. ; FRAIZ, A. C. R. ; ESCOBAR, I. E. C. ; SANTOS, R.C. ; LIMA, L. M. ; MORGANTE, C.V. ; FERNANDES-JÚNIOR, P.I. . Molecular and symbiotic characterization of peanut *Bradyrhizobia* from the semi-arid region of Brazil. **Applied soil ecology**, v. 121, p. 177-184, 2017. B

SANTOS, J.W.M. **Diversidade genética e potencial simbiótico de bactérias de nódulos de *arachis spp.* cultivadas em solos do semiárido**. Campina Grande, 2017. (Mestrado em Ciências Agrárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão. 2017 A.

SANTOS, R. C.; CARVALHO, L. P. ; SANTOS, V.F . Análise de coeficiente de trilha para componentes de produção em amendoim. **Ciência & agrotecnologia.**, v. 24, n.1, p. 13-16, 2000b.

SANTOS, R. C.; CARVALHO, L. P. ; SANTOS, V.F . Análise de coeficiente de trilha para componentes de produção em amendoim.. **Ciência & agrotecnologia.**, v. 24, n.1, p. 13-16, 2000.

SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M. ; LIMA, L.M. ; ZAGONEL, G. F. ; COSTA, B. J. . Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Revista ciência agrônômica** (UFC. Online), v. 43, p. 72-77, 2012.

SANTOS, R. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. ; SANTOS, V.F. Eficiência reprodutiva em genótipos de amendoim e correlação fenotípica entre caracteres ligados ao ginóforo. **Ciência & Agrotecnologia.**, LAVRAS, MG, v. 24, n.3, p. 617-622, 2000.

SANTOS, R.C; FARIAS, F.J.C.; REGO, G.M.; SILVA, A.P.G.; FERREIRA FILHO, J.R.; VASCONCELOS, O.L.; COUTINHO, J.L.B. **Estabilidade fenotípica de cultivares de amendoim avaliados na região nordeste do Brasil**. **Agrotecnologia e Ciência**. v.23, n.4. 1999.

SANTOS, ROSEANE C.; LUZ, LUCAS N. DA ; PINHEIRO, MORGANNA P. N. ; GALVÃO FILHO, ANTONIO L. DE A. ; LIMA, LIZIANE M. DE . Prospecção de descritores para seleção de genótipos de amendoim tolerantes a pragas de grãos armazenados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 18, p. 851-855, 2014.

SAMPAIO, R. M. **Amendoim: exportações em alta frente às expectativas construídas pela pandemia**, Julho 2020. Disponível em <https://www.revistacanaieiros.com.br/amendoim-exportacoes-em-alta-frente-as-expectativas-construidas-pela-pandemia> Acesso em: 11 abril. 2021.

SHARMA, VINAY ET AL. “Molecular Basis of Root Nodule Symbiosis between *Bradyrhizobium* and 'Crack-Entry' Legume Groundnut (*Arachis hypogaea* L.)” **Plants (Basel, Switzerland)** vol. 9, p. 276, 2020.

SILVA, M. DE F. Efetividade da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. **Efeito de inoculação com *bradyrhizobium* spp. Em amendoim cultivado em solo da zona da mata de pernambuco**. Maria de Fátima da Silva. Dissertação em Ciências do solo. 2007.

SIZENANDO, C. I. T. ; RAMOS, J. P. C. ; FERNANDES-JÚNIOR, P.I. ; LIMA, L. M. ; FREIRE, R. M. M. ; SANTOS, R.C. . Agronomic efficiency of *Bradyrhizobium* in peanut under different environments in Brazilian Northeast. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3482-3487, 2016 A.

SIZENANDO, C. I. T. **Estimativa de produção de Genótipos de Amendoim cultivados com isolados de *Bradyrhizobium***. Campina Grande, (Mestrado em Ciências Agrárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão. 2016 B.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p. 2017.

THIES, J.E., BOHLOOL, B.B., SINGLETON, P.W. Genetic diversity of rhizobia nodulating *Arachis hypogaea* L. in central argentinean soils. **Applied and Environmental Microbiology Microbiol**, v. 57, n. 4, p. 1540-1545, 1991.

VALLS, J.F.M & SIMPSON, C.E. taxonomy natural distribution, and attributes of *Arachis*. **In: Kerridge, P.C. e Hardy, B (Eds). Biology and agronomy of forage *Arachis***, p.1-18, 1994.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. 1 edição. ISBN 978-85-7035-780-9 Brasília, DF. Embrapa, 2017.

VINCENT, J. M. A. **Manual for the practical study of root-nodule bacteria**. London: International Biological Programme, 164 p. (Handbook, 15) 1970.

ZAPATA, N.; VARGAS, M.; GERDING, M.; CHANDÍA, M. Inoculación de maní (*Arachis hypogaea* L.) com diferentes cepas del género *Bradyrhizobium* y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. **Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences**. v. 30, n. 1, p. 57-64, 2014.