



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUI
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

CRISTIANO DOS SANTOS SOUZA

**USO DE EXTRATO DE NÓDULOS COMO INOCULANTE ALTERNATIVO PARA
FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM FEIJÃO-CAUPI**

URUÇUI
2022

CRISTIANO DOS SANTOS SOUZA

USO DE EXTRATO DE NÓDULOS COMO INOCULANTE ALTERNATIVO PARA
FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Uruçuí*.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Eduardo Melo Santiago

URUÇUÍ

2022

CRISTIANO DOS SANTOS SOUZA

USO DE EXTRATO DE NÓDULOS COMO INOCULANTE ALTERNATIVO PARA
FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Uruçuí*.

Aprovada em: 20/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Franklin Eduardo Melo Santiago (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Wallace de Sousa Leite
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Alexson Filgueiras Dutra
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

USO DE EXTRATO DE NÓDULOS COMO INOCULANTE ALTERNATIVO PARA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM FEIJÃO-CAUPI

Cristiano dos Santos Souza¹
Franklin Eduardo Melo Santiago²

RESUMO

O feijão-caupi possui elevado valor nutricional e é alimento básico da mesa do pequeno produtor que na intenção de maximizar a produção esbarra em limitações principalmente financeiras referente a aquisição de fertilizantes e aplicação de novas tecnologias como os inoculantes. O estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de um inoculante alternativo para fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4, e quatro repetições, com cinco genótipos de feijão-caupi: três cultivares comerciais (BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique) e dois acessos crioulos (Pratinha e Verdinha); e quatro fontes de N: inoculante de extrato de nódulos, inoculante comercial, adubação nitrogenada 50 Kg ha⁻¹ e controle sem N. Avaliou-se altura de plantas, índice SPAD, número de nódulos e massa seca da parte aérea, raiz e nódulos. O tratamento com inoculante à base de extrato de nódulos se apresentou superior ao inoculante comercial na maioria dos itens avaliados para a cultivar Pratinha, índice SPAD e massa seca de nódulos para a cultivar Aracê, massa seca da parte aérea e número de nódulos para a cultivar Verdinha e massa seca de raiz para a cultivar Tumucumaque. A BRS Xiquexique apresentou resultados notáveis quando comparado o inoculante à base de extrato de nódulos com o fertilizante nitrogenado, apresentando resultados superiores quando analisados altura de planta, massa seca da parte aérea e nódulos e número de nódulos. Conclui-se que o inoculante à base de extrato de nódulos é capaz de promover o desenvolvimento dos genótipos de feijão-caupi estudados.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; rizóbios; extrato de nódulos.

ABSTRACT

Cowpea has a high nutritional value and is a staple food on the table of small producers who, with the intention of maximizing production, come up against limitations, mainly financial, related to the acquisition of fertilizers and the application of new technologies such as inoculants. The study aimed to evaluate the efficiency of an alternative inoculant for biological nitrogen fixation in cowpea cultivars. The experiment was conducted in a greenhouse. A completely randomized experimental design was used in a 5 x 4 factorial arrangement, with four replications, with five cowpea genotypes: three commercial cultivars (BRS Aracê, BRS Tumucumaque and BRS Xiquexique) and two creole accessions (Pratinha and Verdinha); and four N sources: nodule extract

¹Graduando em Bacharelado em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí -IFPI *Campus* Uruçuí. E-mail: cristianossk1@gmail.com

²Docente Doutor. Orientador do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí -IFPI *Campus* Uruçuí. E-mail: franklin.santiago@ifpi.edu.br

inoculant, commercial inoculant, nitrogen fertilization 50 Kg ha⁻¹ and control without N. Plant height, SPAD index, number of nodules and dry mass of shoot, root and nodule were evaluated. The treatment with inoculant based on extract of nodules was superior to the commercial inoculant in most of the items evaluated for the Pratinha cultivar, SPAD index and dry mass of nodules for the Aracê cultivar, shoot dry mass and number of nodules for the cultivar Blue greens and root dry mass for the Tumucumaque cultivar. BRS Xiquexique presented remarkable results when comparing the inoculant based on extract of nodules with the nitrogen fertilizer, presenting superior results when analyzing plant height, dry mass of shoots and nodules and number of nodules. It is concluded that the inoculant based on extract of nodules is capable of promoting the development of the studied cowpea genotypes.

Keywords: *Vigna unguiculata*; rhizobia; nodule extract.

Data de aprovação: 20/12/2022

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de elevada importância na dieta alimentar humana em diversas regiões do mundo, destacando-se como fonte de proteína, carboidratos, vitaminas, sais minerais e fibras alimentares. A leguminosa apresenta boa adaptabilidade a sistemas de baixo e médio nível tecnológico em razão da resistência ao déficit hídrico, pouca exigência em fertilidade de solos, precocidade, tolerância a altas temperaturas, além de apresentar baixo custo de produção, características apreciadas pelos pequenos produtores (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005; FREIRE FILHO, 2011; RAMOS, 2015).

No Brasil, a produção da cultura é destaque nas regiões Norte e Nordeste, que produzem juntas 537,7 mil toneladas, sendo realizada principalmente por pequenos agricultores familiares. No Nordeste a safra 21/22 foi de 414,1 mil toneladas, alcançando uma participação de mais de 65% da produção nacional, que totalizou 629,3 mil toneladas. Ainda que participe significativamente da produção total nacional, o Nordeste entre todas as regiões produtoras, é a que apresenta menor média de produtividade, com capacidade de gerar 395 kg ha⁻¹. Valor este muito diferente das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste que respectivamente alcançaram médias de 1.031 kg ha⁻¹, 877 kg ha⁻¹ e 464 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

A baixa produtividade do feijão-caupi pode ser atribuída a fatores como a não utilização de sementes certificadas, manejo equivocado de pragas e doenças,

excesso ou falta de água em fases críticas do ciclo da cultura e deficiência nutricional por conta da adsorção do fósforo (P) e perdas do nitrogênio (N) por lixiviação e desnitrificação (FERREIRA et al., 2009; FREIRE FILHO et al., 2011).

O N é um dos nutrientes mais exigidos e exportados pela cultura do feijão-caupi. Assim como nas demais leguminosas, o N é suprido direta e indiretamente proveniente do solo, resultado da mineralização da matéria orgânica, da liberação dos fertilizantes e/ou da fixação biológica de N₂ (FBN) (LARA-CABEZAS; PÁDUA, 2007; HUNGRIA et al., 2013).

Estima-se que a FBN contribua com aproximadamente 65% de todo o N obtido no seu ciclo, 96% da fixação obtida por processos naturais e que juntamente com a fotossíntese, sejam considerado os processos biológicos mais importantes ao meio ambiente (ORMEÑO-ORRILLO et al., 2013).

No feijão-caupi a FBN é bastante eficiente, tendo possibilidade de alcançar alta produtividade dispensando o uso de outras fontes nitrogenadas. A inoculação de rizóbios em caupi pode aumentar a produtividade em até 35%, o equivalente a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N mineral. (RUMJANEK et al., 2005; XAVIER et al., 2007).

As bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* e *Azospirillum* constituem o grupo mais importante de inoculantes representantes da FBN, sendo os mais utilizados no país. Essas bactérias configuram uma tecnologia limpa e sustentável por conta da possibilidade de substituir a utilização de fertilizantes nitrogenados em muitos cultivos, principalmente da soja, uma vez que bactérias do gênero *Bradyrhizobium* podem fixar até 300 kg ha⁻¹ (MENDES et al., 2010).

De acordo com a Associação Nacional de Produtores e Importadores de Inoculantes, em 2018 o volume produzido de inoculantes chegou a totalizar 73,461 milhões de doses vendidas, sendo apenas 66,288 mil do total (menos de 1%) utilizadas para a cultura do feijão-caupi (ANPII, 2022). Pelo fato da maior parte dos inoculantes produzidos serem destinados a cadeia produtiva da soja, pequenos e médios produtores de feijão-caupi encontram dificuldade para utilizar a tecnologia dos inoculantes em suas propriedades e até mesmo dificuldades na aquisição por conta da escassez de comercialização de inoculantes específicos para a cultura.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de cultivares de feijão-caupi ao uso de inoculante alternativo para a fixação biológica de nitrogênio.

METODOLOGIA

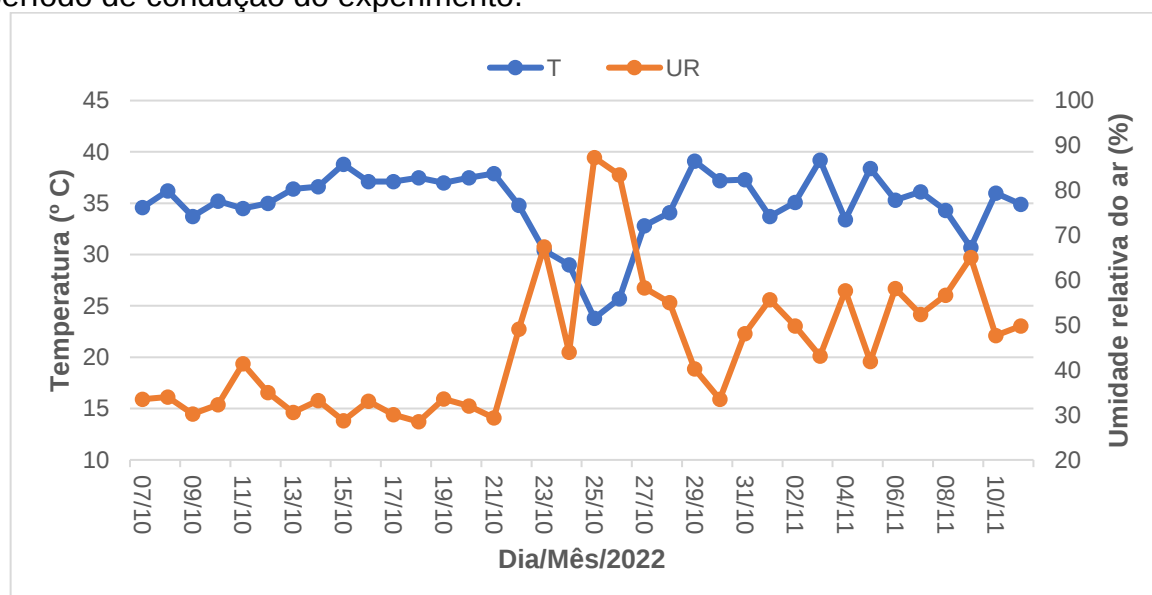
Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido entre os meses de setembro e novembro de 2022 na casa de vegetação da Fazenda Escola do Instituto Federal do Piauí-IFPI, *campus* Uruçuí, no município de Uruçuí, Piauí. O clima da região é identificado como Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com pluviosidade média anual de 1.069 mm e temperatura média anual de 27,2 °C.

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Amarelo e apresenta as seguintes características químicas na camada de 0,40 – 0,60 cm de profundidade: pH: 5,49; MO: 17,2 g kg⁻¹; P (Mehlich⁻¹): 0,8 mg dm⁻³; K: 0,03 cmol_c dm⁻³; Ca: 1,65 cmol_c dm⁻³; Mg: 1,07 cmol_c dm⁻³; Al: 2,0 cmol_c dm⁻³; H+Al: 2,02 cmol_c dm⁻³; SB: 2,75 cmol_c dm⁻³; V: 14,4%. O solo foi seco ao ar, destorreado, passado em peneira de 4 mm e acondicionado em vasos de 4 kg. Considerando os resultados da análise de solo e recomendações para a cultura do feijão-caupi, realizou-se a calagem 20 dias antes da semeadura, na dose de 4,5 g vaso⁻¹ com calcário dolomítico tipo filler (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005). O solo foi mantido úmido até o dia da semeadura de modo a permitir a ação do calcário.

Durante o período experimental, dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados diariamente por meio de um aparelho Termo-Higrômetro Portátil, da marca AKSO, modelo AK632 (Figura 1).

Figura 1. Valores de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) registrados no período de condução do experimento.



Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

Obtenção do extrato de nódulos

A obtenção do extrato de nódulos foi realizada de acordo com Rumjanek et al. (2017). Com a implantação de um banco de nódulos, local de desenvolvimento de nódulos em plantas iscas, em vasos com capacidade de 12 L para cada cultivar. O solo utilizado foi coletado na profundidade de 0 - 20 cm em áreas anteriormente cultivadas com feijão-caupi e livre de patógenos. Os nódulos usados para a produção do extrato foram coletados 34 dias após a semeadura das plantas iscas. As raízes foram lavadas com água corrente sobre uma peneira de malha de 0,5 mm para evitar a perda de nódulos.

O procedimento de preparo do extrato de nódulos consistiu em diluir o volume dos nódulos coletados em três volumes iguais de água (sem cloro), homogeneizando em liquidificador por 5 minutos. Posteriormente, realizou-se a filtragem do extrato em peneira de malha de 0,5 mm. A quantidade de extrato peneirado resultante que foi utilizado para a inoculação respeitou a proporção (500 ml de extrato de nódulo suficiente para inocular 800 g de sementes), levando em consideração que a massa média de 100 sementes de feijão-caupi corresponde a 19,5 g. As sementes permaneceram imersas no extrato de nódulos por um período de 10 minutos e posteriormente secas à sombra, em papel absorvente por um período de 1 hora.

Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco genótipos de feijão-caupi (BRS Aracê, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique, Pratinha e Verdinha) e quatro fontes de N (inoculante de extrato de nódulos, inoculante comercial, adubação nitrogenada 50 Kg ha⁻¹ e controle sem N).

Os genótipos de feijão-caupi utilizados no experimento foram: três cultivares comerciais selecionadas pelo Programa de Melhoramento Genético de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte e dois acessos de sementes crioulas adquiridas de pequenos produtores da região de Uruçuí - PI (Tabela 1).

Tabela 1. Características agronômicas dos genótipos de feijão-caupi utilizados no experimento.

Genótipos	Tipo de grãos	Porte da planta
BRS Aracê ⁽¹⁾	Verde	Semiprostrado
BRS Tumucumaque ⁽¹⁾	Branco-liso	Semiereto
BRS Xiquexique ⁽¹⁾	Branco-liso	Semiprostrado
Pratinha ⁽²⁾	Verde	Semiereto
Verdinha ⁽²⁾	Sempre-verde	Semiereto

Fonte: Rocha, Damasceno-Silva e Menezes-Júnior (2017); ⁽¹⁾ Cultivares comerciais; ⁽²⁾ Acesso crioulas.

Instalação e condução da cultura

O tratamento com inoculação comercial foi realizado com o inoculante BiomaBrady – Líquido, formulado com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum*, que apresenta densidade de 1,03 g ml⁻¹ e garantia de 7,2 x 10⁹ células viáveis ml⁻¹. A inoculação foi realizada de acordo com a recomendação do fabricante, com a dose de 50 ml ha⁻¹, o equivalente a utilização de 1ml/ 1kg de sementes.

A semeadura foi realizada utilizando três sementes por vaso, com posterior desbaste aos dez dias após a emergência, mantendo-se duas plantas por vaso. Concomitantemente a semeadura, foram realizadas as aplicações de 220 mg kg⁻¹ de superfosfato simples e 330 mg kg⁻¹ de cloreto de potássio em todas as parcelas e 56 mg kg⁻¹ de ureia, nos tratamentos com adubação nitrogenada. Realizou-se a irrigação diariamente mantendo a umidade a 60% do volume total de poros, além do monitoramento de pragas e doenças.

Avaliações

Aos 36 dias após a semeadura as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raiz e avaliadas quanto aos seguintes parâmetros: a) altura da parte aérea (cm) – medida com auxílio de uma trena da superfície do solo até o ápice da planta; b) índice SPAD – determinado por meio de um Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila (ClorofiLOG – FALKER, CFL 1030), foram avaliados o 3º e 4º trifólio da ponta da haste principal obtendo-se o valor médio de três leituras; c) massa seca da parte aérea, raiz e nódulos (g) – determinada pela pesagem em balança analítica após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65º por 72 horas; d) número de nódulos (nº) – foram quantificados todos os nódulos presentes nas raízes com tamanho igual ou superior a 2 mm.

Análise estatística

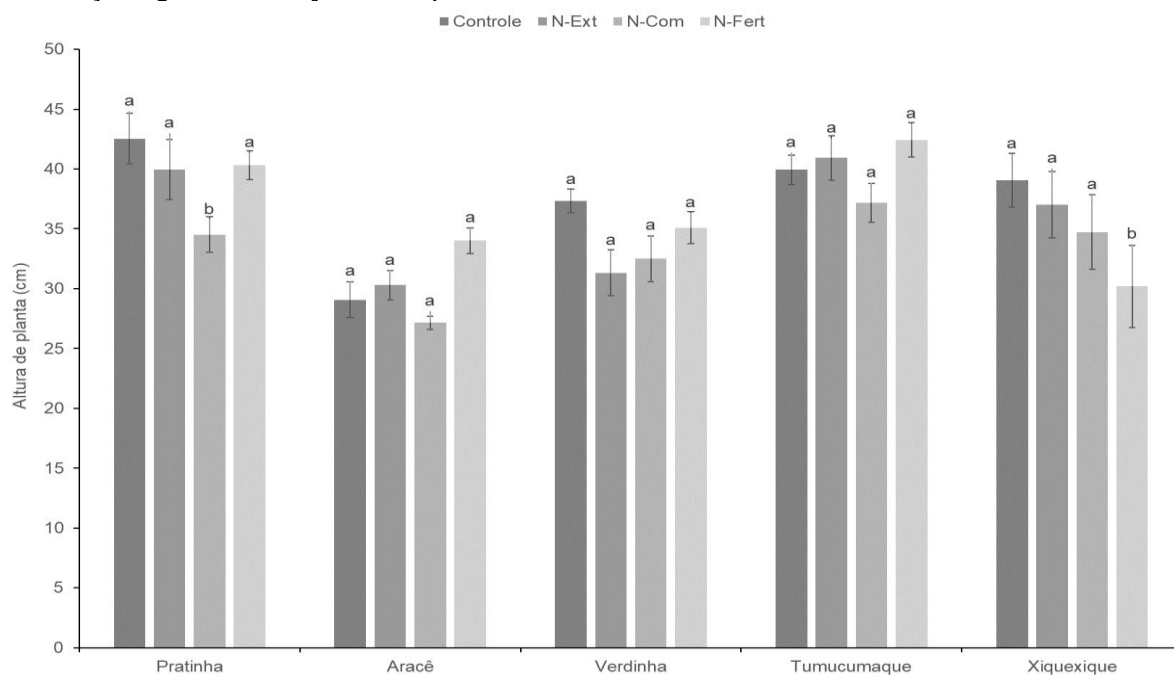
Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) com o auxílio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

RESULTADOS

Altura de planta

Para a cultivar Pratinha o tratamento com extrato de nódulos apresentou plantas com alturas 15% superiores ao tratamento com inoculante comercial e similares as plantas submetidas a adubação nitrogenada e controle. Por outro lado, a cultivar Xiquexique quando submetida ao extrato de nódulos apresentou plantas com alturas similares as do tratamento com inoculante comercial e 22% superiores as com adubação nitrogenada. Os demais genótipos não apresentaram efeitos para as diferentes fontes de N (Figuras 2) (Imagem 1).

Figura 2. Altura de plantas de cultivares de feijão-caupi em função de diferentes fontes de nitrogênio. Tratamentos: N-Ext (inoculante a base de extrato de nódulos); N-Com (inoculante comercial) e N-Fert (fertilizante mineral, na dose recomendada de 50 kg ha⁻¹) e controle (sem aplicação de N). Diferentes letras acima da coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).



Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

Imagem 1. Comparativo da altura de plantas de cultivares de feijão-caupi em função de diferentes fontes de nitrogênio. Sem aplicação de N (Controle), inoculante a base de extrato de nódulos (N-Ext), inoculante comercial (N-Com) e fertilizante mineral (N-Fert).

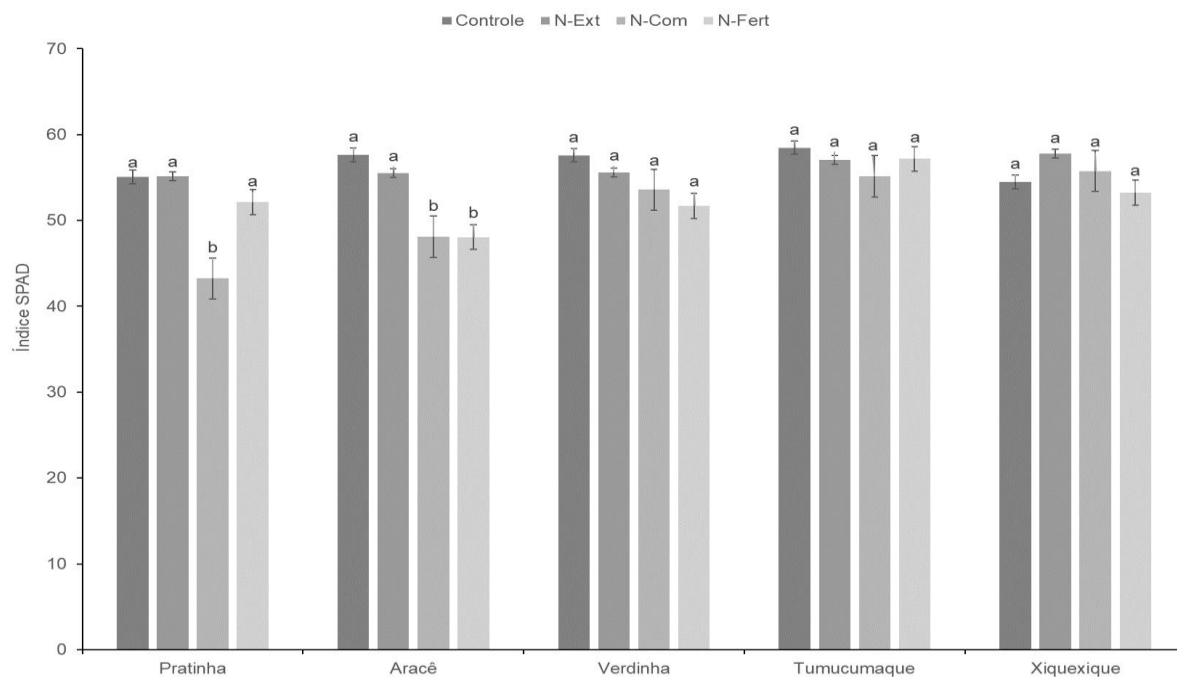


Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

Índice SPAD

Para o índice SPAD apenas as cultivares Pratinha e Aracê apresentaram efeito para as diferentes fontes de N (Figura 3). A cultivar Pratinha quando submetida a aplicação do extrato de nódulos apresentou índice com valores 27,5% superiores ao tratamento com inoculante comercial e similares as plantas com adubação nitrogenada. Já na cultivar Aracê a aplicação do extrato de nódulos promoveu maior índice, cerca de 14% quando comparado aos tratamentos com adubação nitrogenada e inoculante comercial.

Figura 3. Índice SPAD de cultivares de feijão-caupi em função de diferentes fontes de nitrogênio. Tratamentos: N-Ext (inoculante a base de extrato de nódulos); N-Com (inoculante comercial) e N-Fert (fertilizante mineral, na dose recomendada de 50 kg ha⁻¹) e controle (sem aplicação de N). Diferentes letras acima da coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).



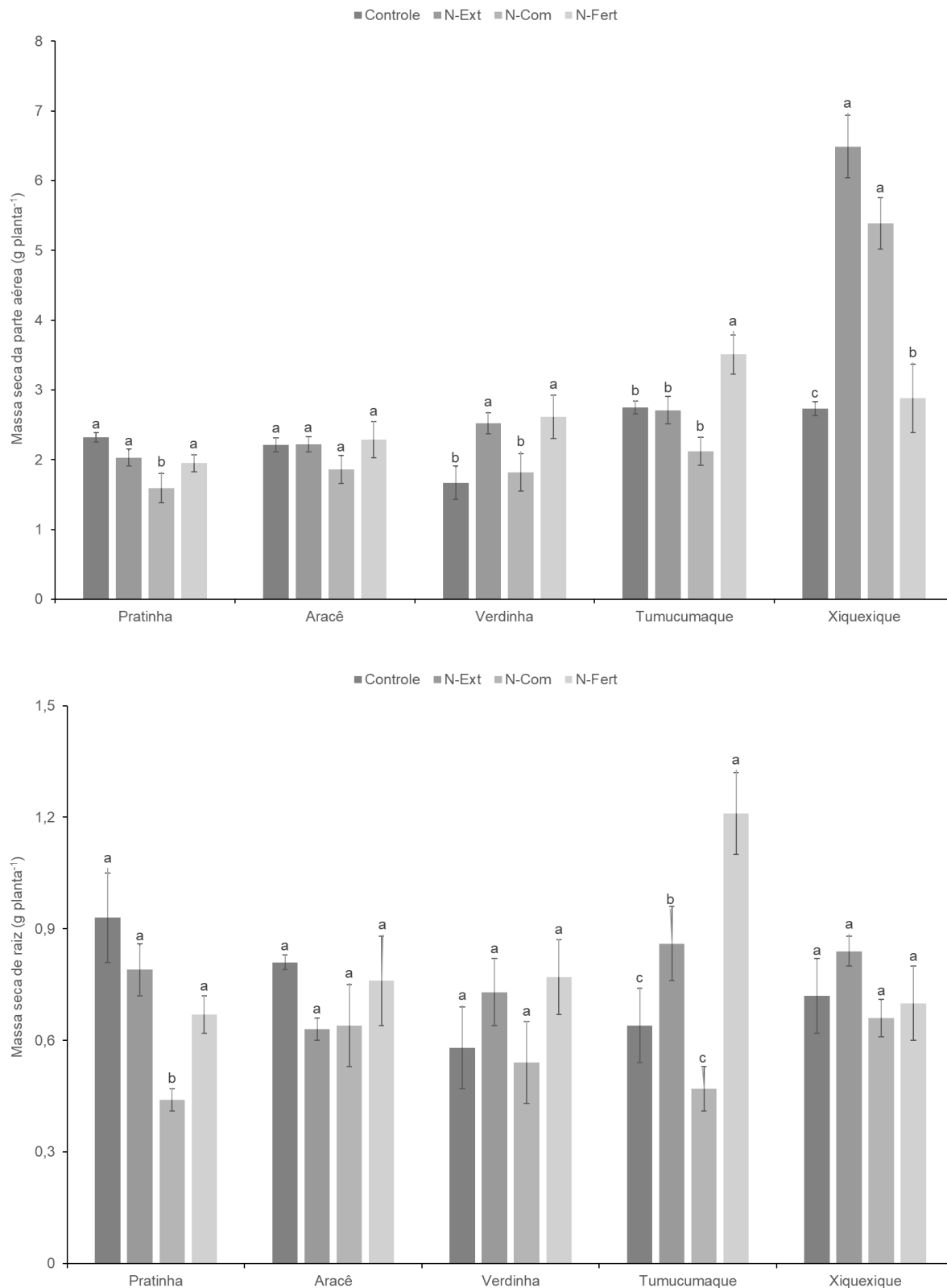
Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

Massa seca da parte aérea e raiz

Para a massa seca da parte aérea a exceção da cultivar Aracê, as demais cultivares de feijão-caupi apresentaram respostas quando submetidas a diferentes fontes de N. As cultivares Pratinha e Verdinha no tratamento com extrato de nódulos apresentaram plantas com valores superiores (27,6% e 38,4%, respectivamente) ao tratamento com inoculante comercial e similares às plantas submetidas a adubação nitrogenada. Na cultivar Tumucumaque as plantas com aplicação da adubação nitrogenada produziram maior biomassa (29,5%) em comparação as demais fontes de N. Na cultivar Xiquexique o tratamento com extrato de nódulos apresentou plantas com valores similares ao tratamento com inoculante comercial e superior (125%) às plantas submetidas a adubação nitrogenada (Figura 4a).

Para a massa seca de raiz a cultivar Pratinha no tratamento com extrato de nódulos apresentou plantas com valores superiores (79,5%) ao tratamento com inoculante comercial e similares às plantas submetidas a adubação nitrogenada. Diferentemente, a cultivar Tumucumaque apresentou maior biomassa radicular quando as plantas foram submetidas à aplicação da adubação nitrogenada. Os demais genótipos não apresentaram efeito para as diferentes fontes de N (Figura 4b).

Figura 4. Massa seca da parte aérea (A) e raiz (B) de cultivares de feijão-caupi em função de diferentes fontes de nitrogênio. Tratamentos: N-Ext (inoculante a base de extrato de nódulos); N-Com (inoculante comercial) e N-Fert (fertilizante mineral, na dose recomendada de 50 kg ha⁻¹) e controle (sem aplicação de N). Diferentes letras acima da coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).



Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

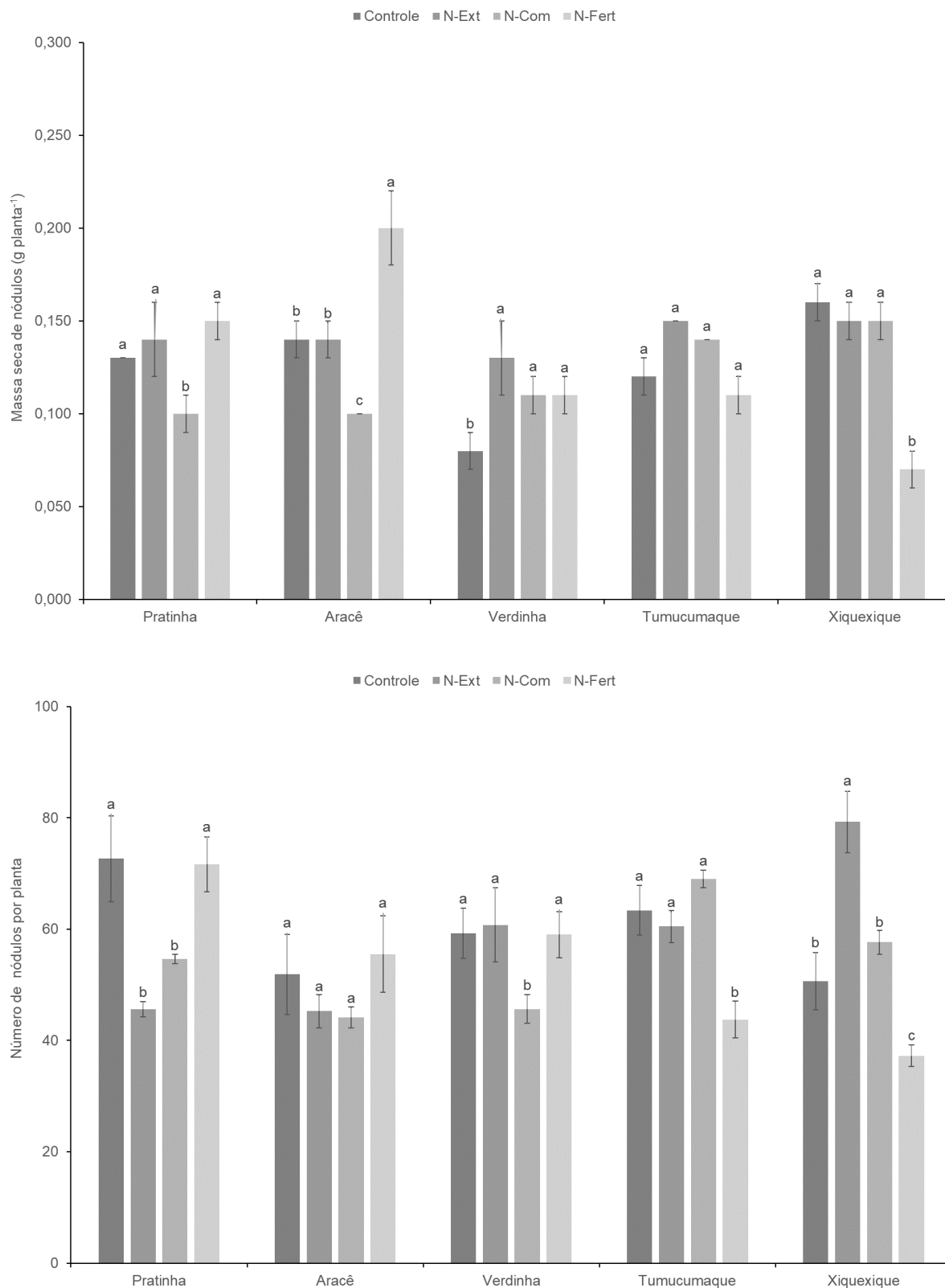
Massa seca de nódulos

Na cultivar Pratinha o tratamento com extrato de nódulos apresentou plantas com valor de massa seca superior (40%) ao tratamento com inoculante comercial e similares as plantas submetidas a adubação nitrogenada. Na cultivar Aracê as plantas com aplicação da adubação nitrogenada produziram maior biomassa em comparação as demais fontes de N. O tratamento com extrato de nódulos apresentou massa seca semelhante aos tratamentos com inoculante comercial e adubação nitrogenada, comportamento observado nas cultivares Verdinha e Tumucumaque. Na cultivar Xiquexique os tratamentos: extrato de nódulos e inoculante comercial apresentaram plantas com valor de massa seca superiores (114%) às plantas submetidas a adubação nitrogenada (Figura 5a).

Número de nódulos por planta

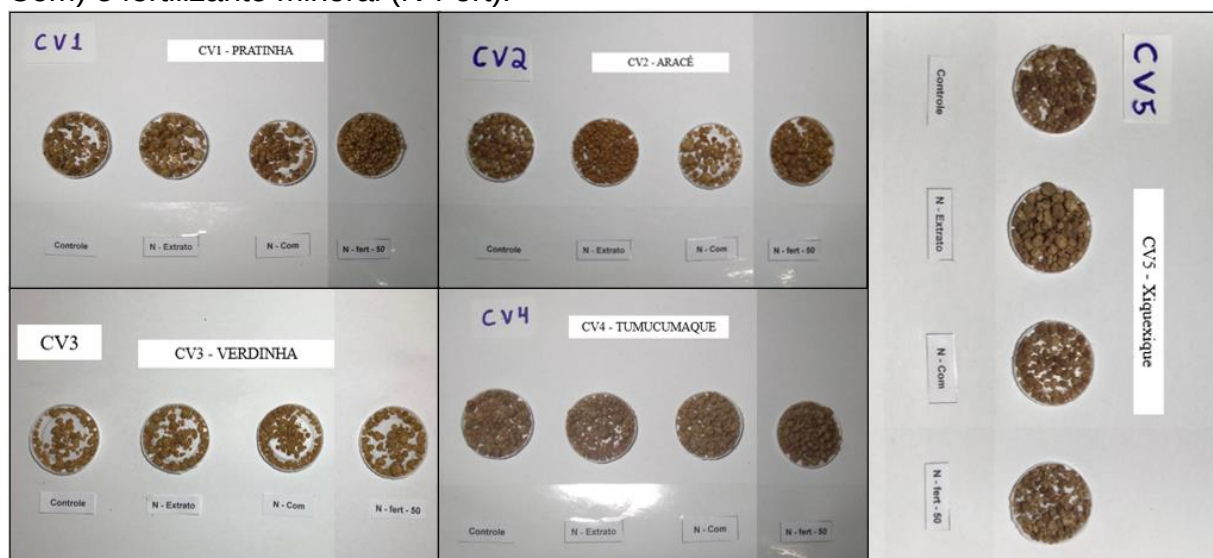
Para número de nódulos, a exceção da cultivar Aracê, as demais cultivares de feijão-caupi apresentaram respostas quando submetidas a diferentes fontes de N. A cultivar Pratinha apresentou mais nódulos quando plantas submetidas a aplicação da adubação nitrogenada, já a cultivar Verdinha quando submetida a aplicação do extrato de nódulos, apresentou número superior (33%) ao tratamento com inoculante comercial e similar às plantas com adubação nitrogenada. Diferentemente, a cultivar Tumucumaque quando submetida ao extrato de nódulos apresentou plantas com quantidade similar à do tratamento com inoculante comercial e superior (38%) em relação à adubação nitrogenada. Na cultivar Xiquexique o tratamento com extrato de nódulos apresentou plantas com número superior aos demais tratamentos (Figura 5b).

Figura 5. Massa seca de nódulos (A) e número de nódulos por planta (B) de cultivares de feijão-caupi em função de diferentes fontes de nitrogênio. Tratamentos: N-Ext (inoculante a base de extrato de nódulos); N-Com (inoculante comercial) e N-Fert (fertilizante mineral, na dose recomendada de 50 kg ha⁻¹) e controle (sem aplicação de N). Diferentes letras acima da coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).



Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

Imagem 2. Comparativo do número de nódulos por planta de cultivares de feijão-caupi em função de diferentes fontes de nitrogênio. Tratamentos: sem aplicação de N (Controle), inoculante a base de extrato de nódulos (N-Ext), inoculante comercial (N-Com) e fertilizante mineral (N-Fert).



Fonte: SOUZA, C. S. (2022).

DISCUSSÃO

Os genótipos Pratinha e Xiquexique, demonstraram comportamento similar principalmente para os parâmetros altura de plantas, massa seca da parte aérea, massa seca de nódulos e índice SPAD. O Índice SPAD apresenta correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o acúmulo de N nas culturas (SILVEIRA et al., 2003). O nitrogênio, assim como outros nutrientes que participam de vários processos fisiológicos nas plantas, estão associados diretamente aos níveis de clorofila e taxa fotossintéticas nas folhas, desse modo, quando os níveis de nutrientes reduzem, ocorre também uma limitação da quantidade e atividade dos componentes fotossintéticos (ARGENTA et al., 2001).

Os resultados do tratamento com inoculante à base de extrato de nódulos se mostraram semelhantes nas cultivares Pratinha, Verdinha, Tumucumaque e Aracê e até superiores na cultivar Xiquexique ao tratamento com fertilizante mineral nitrogenado quando avaliados altura de plantas, massa seca da parte aérea, massa seca dos nódulos e número de nódulos. Confirmando que apesar do tratamento com fertilizante utilizar a dose recomendada para a cultura (50 Kg ha^{-1}) o meio biológico foi capaz de disponibilizar de maneira similar e até superior o N ao feijão-caupi. Resultados similares observados nos trabalhos de Melo; Zilli (2009), Soares et al. (2006) e Zilli et al. (2008) quando constatarem que a FBN pode substituir totalmente

as doses de adubação nitrogenada em feijão-caupi (50 Kg ha^{-1} , 70 Kg ha^{-1} e 50 Kg ha^{-1} respectivamente) inclusive a dose de arranque de 40 Kg ha^{-1} de N (BRITO et al., 2011).

O tratamento com inoculante à base de extrato de nódulos apresentou na maioria das avaliações, comportamento similar e até superior ao inoculante comercial, mostrando que as estirpes nativas apresentaram alta competitividade e potencial para a FBN. Brockwell et al. (1995) afirma que resultados positivos de inoculação com uma estirpe de rizóbio exótica são inversamente relacionadas a competitividade, a eficiência e o tamanho da população rizobiana nativa. Afirma ainda que o método mais eficiente de se introduzir uma nova estirpe de rizóbio é pela aplicação de taxas de inóculo superiores à densidade da população rizobiana presente.

O tratamento Controle sem aplicação de N apresentou consideráveis valores de nodulação para todos os genótipos avaliados, comportamento mais evidente no genótipo Xiquexique quando comparados os tratamentos controle e fertilizante nitrogenado. Acredita-se que esse comportamento se deve a alta população de bactérias nodulantes presentes no solo da região e que quando o N é aplicado no plantio restringe a nodulação espontânea, fato também observado em outros trabalhos (Salvagiotti et al., 2008).

Xavier et al. (2006) estabelece que existe uma especificidade simbióticas entre as espécies de rizóbios (microsimbiontes) e as leguminosas (macrossimbiontes) que elas se associam, e considera que o genótipo da planta interfere na escolha do associado, já que a eficiência simbiótica e a relação planta-hospedeiro são regidas por intensa troca de sinais moleculares. Comportamento constatado quando observado a intensidade do tratamento de extrato de nódulos nos diferentes genótipos de feijão-caupi.

CONCLUSÃO

A utilização de inoculante à base de extrato de nódulos é capaz de promover o desenvolvimento dos genótipos de feijão-caupi estudados.

A cultivar Pratinha e BRS Xiquexique foram as que melhor responderam ao inoculante à base de extrato de nódulos em relação ao inoculante comercial e fertilizante nitrogenado.

REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 02, p. 158-167, 2001
- ANPII. **Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes**. Disponível em: < <http://www.anpii.org.br/estatisticas/> >. Acesso em: 30 out. 2022.
- BRITO, M. DE M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. DA. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206–215, 2011.
- BROCKWELL, J.; BOTTOMLEY, P.J. & THIES, J.E. Manipulation of rhizobiamicroflora for improving legume productivity and soil fertility: a critical assessment. **Plant Soil**, 174:143-180, 1995.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Perspectivas para a Agropecuária Safra 2017/2018. Brasília, v.5, 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_persp. Acesso em: 20 nov. 2022.
- FERREIRA, P. A. A.; SILVA, M. A. P.; CASSETARI, A.; RUFFINI, M.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, 2009.
- FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 519 p., 2005.
- FREIRE-FILHO, F. R.; RIBEIRO V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S.; RODRIGUES, E. V. **Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro**: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2013. 30 p. (Embrapa Soja. Documentos, 338).
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; PADUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no sistema Santa Fé. **Bragantia**, v. 66, p. 131-140, 2007. DOI: 10.1590/S0006-87052007000100016
- MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão caupi : avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 231-241. 2005.

MELO, S.R.; ZILLI, J.E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão caupi recomendadas para o Estado de Roraima. *Pesq. Agropec. Bras.*, 44:1177-1183, 2009.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; CUNHA, M. H. **20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 19p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 281).

ORMEÑO-ORRILLO, E.; HUNGRIA, M.; MARTINEZ-ROMERO, E. Dinitrogen-fixing prokaryotes. In: ROSENBERG, E.; DELONG, E. F.; LORY, S.; STACKEBRANDT, E.; THOMPSON, F. (Eds.). **The Prokaryotes**. Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 013. p. 427-451. DOI: 10.1007/978-3-642-30141-4_72

RAMOS, D. P.*et al.* Avaliação de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes em Gurupi, Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 5, p. 160 -164, 2015.

R Core Team R: Uma Linguagem e Ambiente para Computação Estatística. **R Foundation for Statistical Computing, 2016**. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 20 novembro 2022.

REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M. Fixação biológica de nitrogênio: fundamentos e aplicações. In: AZEVEDO, J. L.; PAMPHILE, J. A.; QUECINE-VERDI, M. C.; LACAVA, P. T. (Orgs.). **Biotecnologia microbiana ambiental**. Maringá: EDUEM, 2018. p.125-152.

ROCHA, M.M.; DAMASCENO SILVA, K.J.; MENEZES JÚNIOR, J.A.N. Cultivares. In: VALE, J.C.; BERTINI, C. H. C. M.; BORÉM, **Feijão caupi: do plantio à colheita**. 1. ed. S. I.I.]: UFV, 2017. cap. 6, p. 113 142. ISBN 9 788572695787.

RUMJANEK, N. G.; BASTOS, J. L.; OLIVEIRA, D. G. C. de; FERREIRA, R. T.; CAVALHEIRO, L. B. de S.; AGUIAR, L. A.; DIAS, A.; RIBEIRO, R. de L. D. **Prática alternativa para inoculação de sementes de feijão-caupi a partir de um preparado de raízes finas noduladas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2017. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 145).

RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R. & NEVES, M.C.P. **Fixação biológica de nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A. & RIBEIRO, V.Q., eds. **Feijão-caupi; avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa/ Informação Tecnológica, 2005. p.281-335.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; WALTERS D.T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. **Field Crops Research**, v.108, p.1-13, 2008

SILVEIRA PM; BRAZ AJBP; DIDONET AD. 2003. **Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38: 1083-1087.

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

XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.V.; RIBEIRO, J.R.A. & RUMJANEK, N.G. **Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão caupi de diferentes nacionalidades**. Caatinga, 19:25 33, 2006

XAVIER, T.F.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B. & CAMPOS, F.L. **Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi**. Ci. Rural, 37:56-564, 2007.

ZILLI, J.É.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. **BR 3262: nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 10).