

Soja inoculada com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* spp. em áreas comerciais dos estados do Tocantins e Bahia: Efeito na contribuição da FBN e na produtividade de grãos





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agrobiologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
105**

Soja inoculada com bactérias dos gêneros  
*Bradyrhizobium* e *Azospirillum* spp. em áreas  
comerciais dos estados do Tocantins e Bahia: Efeito  
na contribuição da FBN e na produtividade de grãos

*Claudia Pozzi Jantalia  
Bruno José Rodrigues Alves  
Segundo Urquiaga  
Robert Michael Boddey  
Wadson Menezes  
Jerri Edson Zilli*

**Embrapa Agrobiologia**  
Seropédica, RJ  
2021

Unidade Responsável pelo conteúdo:  
**Embrapa Agrobiologia**  
Rodovia BR 465, km 7  
CEP 23891-000, Seropédica, RJ  
Caixa Postal 74.505  
Fone: (21) 3441-1500  
Fax: (21) 2682-1230  
www.embrapa.br/agrobiologia  
www.embrapa.br/sac

**Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Agrobiologia**

Presidente  
*Bruno José Rodrigues Alves*

Secretária-Executiva  
*Carmelita do Espírito Santo*

Membros  
*Claudia Pozzi Jantalia, Janaina Ribeiro Costa  
Rouws, Luc Felicianus Marie Rouws, Luis  
Cláudio Marques de Oliveira, Luiz Fernando  
Duarte de Moraes, Marcia Reed Rodrigues  
Coelho, Marta dos Santos Freire Ricci de  
Azevedo, Nátia Élen Auras*

Unidade Responsável pela edição:  
**Embrapa Agrobiologia**

Normalização bibliográfica  
*Carmelita do Espírito Santo CRB 7/5043*

Tratamento das ilustrações  
*Maria Christine Saraiva Barbosa*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Maria Christine Saraiva Barbosa*

Foto da capa  
*Claudia Pozzi Jantalia*

**1ª edição**  
Publicação digital – PDF (2021)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Agrobiologia

---

SOJA Inoculada com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e  
*Azospirillum* spp. em áreas comerciais dos estados do Tocantins e Bahia:  
efeito na contribuição da FBN e na produtividade de grãos. / Claudia Pozzi  
Jantalia *et. al.* — Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2021.

Livro Digital. (PDF): (Embrapa Agrobiologia Boletim de Pesquisa e  
Desenvolvimento, 105).

ISSN: 1676-6709.

1. Fixação Biológica de Nitrogênio. 2. *Glycine max.* 3. MATOPIBA. I. Alves,  
Bruno José Rodrigues. II. Urquiaga, S. III. Boddey, R. M. IV. Menezes, Wadson.  
V. Zilli, Jerri Edson. VI. Embrapa Agrobiologia. VII. Série.

631.46 - CDD 23. ed.

## Sumário

---

Resumo .....	7
Abstract .....	9
Introdução .....	10
Material e Métodos .....	12
Resultados .....	19
Discussão .....	21
Conclusões .....	23
Agradecimentos .....	23
Referências Bibliográficas .....	23



# Soja inoculada com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* spp. em áreas comerciais dos estados do Tocantins e Bahia: Efeito na contribuição da FBN e na produtividade de grãos

Claudia Pozzi Jantalia<sup>1</sup>

Bruno José Rodrigues Alves<sup>1</sup>

Segundo Urquiaga<sup>1</sup>

Robert Michael Boddey<sup>1</sup>

Wadson Menezes<sup>2</sup>

Jerri Edson Zilli<sup>1</sup>

**Resumo** – A cultura da soja tem importância na região oeste do estado da Bahia, e no noroeste e centro do estado do Tocantins pelo aumento da área cultivada. Os solos dessas regiões são arenosos e de baixa fertilidade, com presença de Plintossolos, sendo uma limitação para o fornecimento de nitrogênio (N) aos cultivos. Neste contexto torna-se necessário avaliar em lavouras comerciais a eficiência da inoculação das sementes de soja com estirpes de bactérias fixadoras de N para o quantificar o fornecimento de N para a planta, como uma tecnologia sustentável e primordial para a cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da contribuição da fixação biológica de N (FBN) na produtividade de grãos de variedades comerciais de soja, comparando-se o uso, ou não, de inoculante à base de estirpes do gênero *Bradyrhizobium* (*Bradyrhizobium japonicum* e *B. diazoefficiens*), em combinação ou não com *Azospirillum brasilense* em Santa Rosa do Tocantins, Tocantins (área 1-TO) e em Correntina, Bahia (área 2-BA). Foi avaliada a variedade de soja MS 8349 em sistema de plantio direto no ano agrícola 2017/2018 em Tocantins, e em 2018/2019 na Bahia. Foram testados 3 tratamentos: Controle - Sem inoculação; Brad – Inoculante comercial com estirpes do gênero *Bradyrhizobium*; 3- Brad+Azo - Inoculante comercial com

---

<sup>1</sup> Pesquisador(a) da Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7, CEP 23891-000, Seropédica/RJ. E-mails: claudia.jantalia@embrapa.br, bruno.alves@embrapa.br, segundo.urquiaga@embrapa.br, robert.boddey@embrapa.br, jerri.zill@embrapa.br.

<sup>2</sup> Doutorando em Ciências do Solo, UFRRJ, BR 465, km 7, CEP 23891-000, Seropédica/RJ. E-mail: wadson.menezes@gmail.com.

estirpes do gênero *Bradyrhizobium* e co-inoculado com inoculante comercial com estirpes do gênero *Azospirillum brasilense*, com 3 repetições. As variáveis analisadas foram produtividade de grãos e contribuição da FBN para a planta por meio da técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ . A produtividade de grãos nas duas áreas e em todos os tratamentos foi satisfatória. A inoculação com estirpes do gênero *Bradyrhizobium* resultou em um incremento de 11% na produtividade de grãos, e a coinoculação, em um aumento de 15% em relação a ausência de inoculação na área 1-TO. Houve efeito significativo no aumento da FBN com a inoculação das plantas. O estudo confirma que o uso de inoculantes na cultura da soja é uma prática que, pelo baixo custo, deve ser realizada para garantir alta FBN e produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, fixação biológica de nitrogênio. MATOPIBA.

## Soybean inoculated with bacteria of the genera *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* spp. in commercial areas of the states of Tocantins and Bahia: Effect on the contribution of FBN and grain productivity

**Abstract** – The soybean cultivation has importance in the western region of the state of Bahia, and in the northwest and center of the state of Tocantins by area cultivated increment. The soils of these regions are sandy and of low fertility, with the presence of Plinthosols, are a limitation for the supply of nitrogen (N) to crops. In this context, it is necessary to evaluate the efficiency of inoculation of soybean seeds with N-fixing bacteria strains in commercial areas to quantify the supply of N to the plant, as a sustainable and essential technology for the crop. The objective of this work was to evaluate the potential contribution of N<sub>2</sub> fixation (FBN) on the grain yield of commercial soybean varieties, comparing the use or not of inoculant with *Bradyrhizobium* genera (*Bradyrhizobium japonicum* e *B. diazoefficiens*), in combination or not with *Azospirillum brasilense* in Santa Rosa do Tocantins, Tocantins (area 1-TO) and in Correntina, Bahia (area 2-BA). The soybean variety MS 8349 was evaluated under no-tillage system in the agricultural year 2017/2018 in Tocantins, and in 2018/2019 in Bahia. Three treatments were tested: Control - No inoculation; Brad – Comercial inoculation with *Bradyrhizobium* genera; 3- Brad+Azo -Comercial inoculation with *Bradyrhizobium* genera and co-inoculated with Comercial inoculation *Azospirillum brasilense*, with three repetitions. The analyzed variables were grain yield and FBN contribution to the plant through the <sup>15</sup>N natural abundance technique. Grain yield in both areas and in all treatments was satisfactory. Inoculation with *Bradyrhizobium* genera. resulted in an 11% increase in grain yield, and coinoculation, in a 15% increase in relation to the absence of inoculation in the 1-TO area. There was a significant effect on the increase of FBN with plant inoculation. The study confirms that the use of inoculants in soybean cultivation is a practice that, due to its low cost, must be carried out to ensure high FBN and grain yield.

**Key words:** *Glycine max*, biological nitrogen fixation, MATOPIBA.

## Introdução

---

Nos sistemas agrícolas, o uso de insumos biológicos como, por exemplo, inoculantes bacterianos e adubos verdes, são apontados como alternativas que melhoram a nutrição de N na planta (JESUS *et al.*, 2021). Quando essas alternativas são utilizadas corretamente, trazem ganhos de produtividade e redução de insumos como fertilizante nitrogenado, cuja fabricação é altamente dependente de recursos não renováveis (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2019).

É amplamente conhecido que as leguminosas assumem um papel importante na dinâmica de N nos sistemas agrícolas pelo alto potencial para obtenção de N através da FBN (HUNGRIA; MENDES, 2015). A soja (*Glycine max*) é uma leguminosa originária da China que inicialmente teve seu potencial produtivo explorado em países do hemisfério Norte, como Estados Unidos (EUA) (BONETTI, 1977). Segundo documentos da Embrapa Soja (BONATO; BONATO, 1987), a semelhança do ecossistema do sul do Brasil com aquele predominante no sul dos EUA foi um fator que favoreceu o êxito na transferência e adoção de variedades de soja e outras tecnologias de produção, nas décadas de 50 e 60 do século passado. No entanto, a única recomendação que não seguiu os padrões americanos foi a adubação nitrogenada. No Brasil a adubação foi sendo gradativamente substituída pela aplicação de inoculantes bacterianos nas sementes da soja no momento do plantio. A utilização deste insumo foi favorecida pela decisão tomada logo no início do programa de melhoramento desta cultura, em selecionar variedades de soja conjuntamente com a seleção de estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* mais eficientes (DÖBEREINER *et al.*, 1970; HUNGRIA; MENDES, 2015).

Assim, graças à utilização da técnica de inoculação de bactérias nas sementes, a simbiose entre a planta e bactéria é mais eficiente, normalmente superior ao esperado com a nodulação por rizóbios nativos, melhorando o aproveitamento do N atmosférico na nutrição de N da soja através do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Essa técnica tem impacto na balança comercial do país por reduzir a dependência da cultura da soja pelo fertilizante nitrogenado (ALVES *et al.*, 2003), um insumo que tem seu preço em constante oscilação. Estima-se uma economia de R\$ 20 bilhões

anuais com o uso do inoculante biológico, no lugar do fertilizante nitrogenado, nos 38 milhões de hectares cultivados no Brasil (DALL'AGNOL, 2020).

No Brasil, a cultura da soja vem ocupando novas áreas, especialmente na região denominada de MATOPIBA, que compreende os Estados do Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia. Dos 38.594.550 hectares ocupados com o plantio de soja no País, cerca de 4.533.361 ha, ou seja 11,75% área plantada, estão nesta região (dados SIDRA-IBGE para safra 2020-2021). A maior área cultivada encontra-se na Bahia (1.700.000 ha), seguida pelo Tocantins (1.004.640 ha), Maranhão (1.003.264 ha) e Piauí (825.457 ha) (EMBRAPA SOJA, 2021).

Conforme levantamento do Grupo de Inteligência Territorial Estratégico (GITE) formado por membros de diferentes ministérios e Embrapa, os solos da região do MATOPIBA variam desde áreas em solos férteis até condições de solos mais frágeis. No Oeste da Bahia existe a predominância da unidade geológico-ambiental D6.6, com coberturas em plataformas de natureza arenosiltosa, por vezes conglomeráticas, que se alteram para solos excessivamente arenosos e erodíveis (MAGALHÃES; MIRANDA, 2014). Sua fertilidade natural é baixa e esses solos são bastante ácidos e com baixa capacidade de reter e fixar nutrientes e de fixar a matéria orgânica, porém, respondem bem à adubação. Com alta permeabilidade e baixa capacidade hídrica, necessitam de um manejo adequado e condições topográficas favoráveis para elevar o seu potencial agrícola. No estado do Tocantins, os solos também são predominantemente de baixa fertilidade natural (MAGALHÃES; MIRANDA, 2014). Grande parte do cultivo da soja do Oeste Baiano e no Tocantins está concentrada em terras de produtores altamente tecnicizados (ALVES *et al.*, 2015).

A utilização de adubos nitrogenados na soja continua sendo praticada em outros países produtores que atingem elevadas produtividades, como Estados Unidos e China. Em busca por tecnologias que resultem em ganhos de produção, produtores brasileiros visitam estes países e podem erroneamente interpretar que o processo da FBN poderia não estar suprindo a cultura da soja adequadamente, limitando assim seu potencial produtivo. Essa pode ser a razão que parte destes agricultores, sem apoio de pesquisa ou empresas oficiais de extensão rural na região, são estimulados por técnicos de revenda

a utilizar a adubação de N complementar (20-80 kg de N por hectare), após a floração, como uma tecnologia que garantiria um retorno econômico maior.

Mesmo não sendo doses elevadas, pela extensão de área que a cultura da soja ocupa, esta aplicação de N vai na contramão das metas do plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC), resultando em aumento no uso de fertilizantes nitrogenados. A Embrapa e parceiros já comprovaram através da “Rede nacional de inoculação da Soja”, com mais de 50 ensaios de inoculação, que a soja não precisa de adubação complementar de N (HUNGRIA *et al.*, 2012). Resultados de pesquisa da região Sul e Sudeste mostram que a cultura da soja pode obter mais de 80% do N acumulado na planta inteira derivado da FBN (ALVES *et al.*, 2006) e outros que a cultura não responde a aplicação de N (HUNGRIA *et al.*, 2006).

Na última década, diante da necessidade de redução da aplicação de fertilizantes nitrogenados e visando reduzir os impactos da agricultura brasileira, os estudos com insumos biológicos foram ampliados para outras culturas e outros gêneros de bactérias (HUNGRIA, *et al.*, 2010; 2013; 2015). Os estudos realizados pela Embrapa Soja e parceiros sobre a coinoculação da soja com bactérias do gênero *Azospirillum* demonstraram resultados promissores em áreas dos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul (CHIBEBA *et al.*, 2015; HUNGRIA *et al.*, 2015). Após aprovação pelo Ministério da Agricultura (MAPA), a coinoculação passou a ser uma técnica indicada para incrementar a produção de soja, porém as experiências com essa tecnologia ainda são restritas a poucas áreas de produção no País.

Assim o objetivo desse trabalho foi determinar em lavouras comerciais como a inoculação e coinoculação afeta a contribuição da FBN na cultura da soja em áreas comerciais do Tocantins e Bahia.

## Material e Métodos

---

O presente estudo foi realizado através da experimentação a campo, em áreas comerciais no Estado do Tocantins e no Oeste Baiano. Como as áreas comerciais apresentam condições diferenciadas daquelas presentes em área experimentais, neste estudo foram priorizadas as análises de produtividade e de % FBN, que serão descritas a seguir. E quando foi possível devidos às

facilidades operacionais e de logística, foram realizadas análises adicionais de outras variáveis. No entanto a principal intenção do estudo é avaliar as condições mais próximas a realidade das fazendas destas regiões, como uso de inoculantes comerciais. Em todas as áreas foram realizados os seguintes tratamentos de inoculação:

- 1) Controle – Sem inoculação;
- 2) Brad – Inoculação das sementes com inoculante comercial com estirpes do gênero *Bradyrhizobium* (*B. japonicum*; *B. diazoefficiens*);
- 3) Brad+Azo – Inoculação das sementes com inoculante comercial com estirpes do gênero *Bradyrhizobium* (*B. japonicum*; *B. diazoefficiens*) e co-inoculação com inoculante comercial com estirpes de *Azospirillum brasilense*.

As unidades experimentais possuíam entre 12 e 15 linhas de plantio com 15 a 30m de comprimento, e 14 plantas por metro linear, de acordo com a recomendação da variedade utilizada (detalhes a seguir), e espaçadas em 0,45 m de largura. Os experimentos foram delineados em esquema completamente casualizado, com 3 repetições. Cada subparcela foi composta pelas 3 linhas centrais, descartados 1m de cada extremidade. Foi avaliada a cultivar MS 8349 (soja de tipo de crescimento determinado, grupo de maturação 8.3).

## Descrição da Área 1- TO

O experimento foi realizado no ano/safra 2017/2018 na fazenda Maringá, localizada em Santa Rosa do Tocantins - TO (11°28'15.8"S e 48°03'00.4"W, 310m altitude), que foi denominada neste estudo de **área 1-TO**. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Antes do início do experimento, foram coletadas amostras de solo da camada de 0-0,20 e 0,20-0,40 m para análises químicas de macronutrientes. Os resultados estão descritos abaixo (Tabela 1).

Houve a aplicação de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, dois anos antes da montagem do experimento.

**Tabela 1.** Análise química do solo da área avaliada na fazenda Maringá, de amostras coletadas antes do início da safra 2017/2018.

Análises	Unidade	Profundidades	
		0,0-0,2 m	0,2-0,4 m
pH (água)	adimensional	5,9	5,7
MO	%	3,0	1,80
P (Mehlich 1)	mg dm <sup>-3</sup>	18	9
K <sup>+</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	110	63
Ca <sup>+2</sup>	cmol dm <sup>-3</sup>	2,6	1,3
Mg <sup>+2</sup>	cmol dm <sup>-3</sup>	1,5	0,8
H+Al	cmol dm <sup>-3</sup>	0,6	0,5
Al <sup>+3</sup>	cmol dm <sup>-3</sup>	0,4	0,2

As sementes receberam tratamento químico com inseticida e fungicida nas doses comerciais. Nos tratamentos com inoculante, a aplicação seguiu os procedimentos da fazenda, que utilizou o equipamento 'micron' acoplado na caixa de sementes para fazer aplicação do inoculante no sulco de plantio. Utilizou-se o inoculante comercial líquido Grap nod L 120 DS contendo a estirpe *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 (=CPAC 15=BR 86) e a estirpe *B. diazoefficiens* SEMIA 5080 (=CPAC 7 = BR 85), com aplicação no sulco na dose equivalente a 600 mL do produto para um hectare. No tratamento de co-inoculação, o inoculante com *Azospirillum brasilense* nome comercial Azotop, com cepas Abv5 e Abv6 (concentração mínima  $2 \times 10^6$  UFC/mL), foi aplicado na dose equivalente a 100 mL/ha. A calda do tratamento co-inoculado, após a mistura de bactérias, ficou com a dose de 600 mL/ha do inoculante comercial com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, mais 100 mL/ha do inoculante comercial com estirpe Abv5 e Abv6.

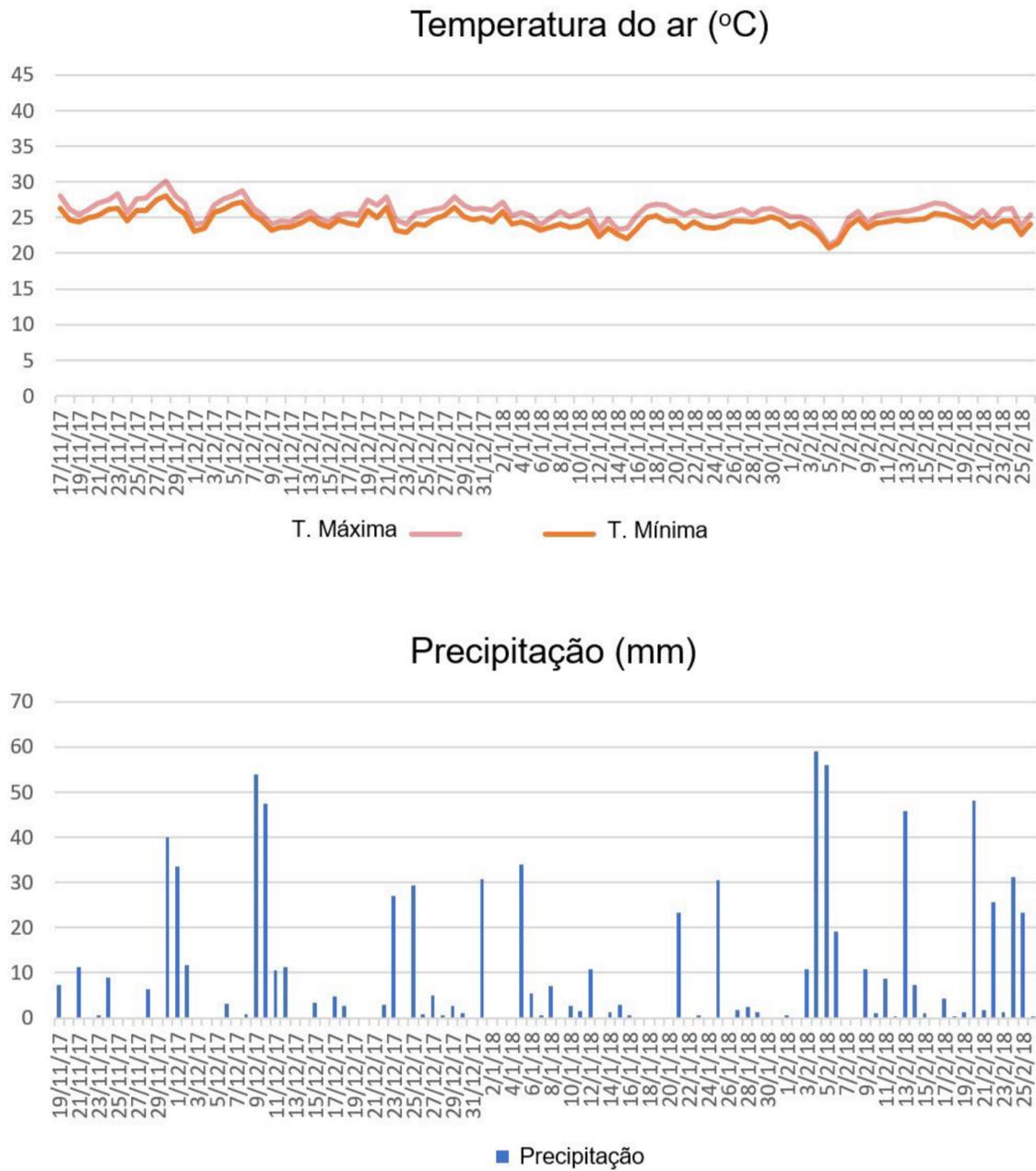
A análise dos inoculantes foi realizada no laboratório da Embrapa Agrobiologia. Para o inoculante comercial de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, foram encontradas  $1,0 \times 10^5$  UFC/mL (abaixo do indicado na embalagem); enquanto o inoculante comercial com *Azospirillum brasilense* apresentou  $5 \times 10^9$  UFC/mL.

A semeadura do experimento ocorreu no dia 17 de novembro de 2017, quando foram aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE-BR12, usando como fontes, respectivamente, o superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE-BR12. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com os resultados da análise de solo e recomendação de adubação de plantio de acordo com a produtividade esperada da soja (EMBRAPA SOJA, 2020). A adubação de semeadura foi disposta ao lado e abaixo da semente no sulco de semeadura.

O experimento foi conduzido sob sistema de plantio direto (SPD) sob palhada de capim Sudão. Nesta fazenda, a semeadura foi realizada de forma mecanizada. A fim de se obter os estandes desejados, a densidade de sementes foi corrigida em função da germinação obtida em testes realizados previamente. O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas da área do experimento foi o mesmo realizado no restante da área de soja da fazenda. As plantas foram coletadas na parte central do plantio, aos 89 dias após a emergência das plantas (DAE). Nesta ocasião, também foram coletadas três espécies espontâneas de não-leguminosas (*Panicum maximum*, *Eleusine indica* e *Zea mays*) dentro da área experimental, para serem utilizadas como referência da abundância natural de <sup>15</sup>N do N disponível no solo. A cultivar foi colhida após 110 DAE, em 14 de março de 2018, quando foi avaliada quanto a produtividade de grãos.

Por ocasião da colheita, foi avaliada a produtividade de grãos, a qual foi determinada mediante a colheita em 2,5 m<sup>2</sup> da área útil de cada parcela, com o resultado para 13% de umidade dos grãos. Foi determinada a porcentagem de N nos grãos em autoanalisador (marca Elementar modelo Vario Max) de CN no laboratório da Embrapa Agrobiologia.

Os dados de precipitação pluviométrica foram fornecidos pelo proprietário da fazenda, o qual faz o registro diário através da medição com pluviômetros. Já os dados de temperatura mínima e máxima foram retirados da base de dados da estação do INMET em Santa Rosa do Tocantins (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) da área experimental da fazenda Maringá em Santa Rosa do Tocantins-TO.

## Área 2- Fazenda Panorama -BA

O experimento foi conduzido na safra de 2018/2019, entre os meses de novembro de 2018 e abril de 2019, na Fazenda Panorama, da SLC agrícola, localizada no município de Correntina (13°24'27,981" S e 46°05'50,561" W, e altitude média de 575 m), Estado da Bahia, e foi denominada neste estudo de área 2-BA. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo. A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação anual média de 923 mm.

O solo apresentou as seguintes características químicas na profundidade de 0 a 20 cm: matéria orgânica = 18 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O) = 5,9; Ca<sup>+2</sup> = 24 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 7 mmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = não detectado; K<sup>+</sup> = 1,8 mmolc dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich 1) = 18,5 mg dm<sup>-3</sup>.

As sementes receberam tratamento químico com inseticida e fungicida nas doses comerciais. A inoculação foi realizada aplicando o aditivo e protetor para inoculação Premax<sup>®</sup> na dose de 50 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. Em seguida foi aplicado, na dose de 180 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, o inoculante líquido nome comercial RizoLiq TOP HC<sup>®</sup>, composto pelas estirpes do gênero *Bradyrhizobium* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080), com resultado de 6 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> na contagem do número de células. Nos tratamentos coinoculados, foram aplicados 100 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes do inoculante líquido Azomax<sup>®</sup>, que contém as estirpes de *Azospirillum brasilense* AbV5 e AbV6 (2 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>). Após secagem das sementes inoculadas, houve a aplicação de grafite em pó malha de 200", na dose de 220 g por 100 kg de sementes.

A semeadura dos tratamentos foi realizada em plantio direto sobre a palha de algodão. A adubação foi realizada em pré-semeadura com 98 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de Cloreto de Potássio, e 54 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de Superfosfato Simples, aplicados a lanço.

A semeadura foi realizada mecanicamente em novembro de 2018, utilizando uma semeadora pneumática com densidade de semeadura de 200.000 sementes ha<sup>-1</sup>, distribuídas em espaçamento entre linhas de 0,45 m e profundidade de 5 cm. O controle das plantas daninhas foi realizado antes e depois da semeadura, com aplicação de herbicida pós-emergente indicado para essa finalidade.

As plantas de soja foram coletadas aos 55 DAE em 2019, juntamente com as plantas espontâneas não-leguminosas *Portulaca oleracea*, *Sorghum*

*bicolore Commelina virginica*, todas com três repetições, para serem utilizadas como referência da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  do N disponível no solo.

O experimento foi colhido mecanicamente com uma colhedora de grãos no dia 15 de abril de 2019, sendo a massa de grãos por parcela ajustada para uma produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$  com umidade padrão dos grãos de 13%. Em uma área de  $40 \text{ m}^2$ , o grão foi colhido mecanicamente e utilizada uma carreta de pesagem para pesar o material colhido. Infelizmente os grãos foram descartados após a determinação da umidade, não sendo possível realizar a análise de % de N dos grãos de cada tratamento.

## Contribuição da FBN

Em todas as áreas, cinco plantas de soja coletadas no estágio reprodutivo 5,5 a 6, que é aquele em que as vagens estão com os grãos quase cheios, mas em estado leitoso, juntamente com as plantas espontâneas, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a  $65^\circ\text{C}$  até peso constante, e moídas em moinho de facas ( $<0,85 \text{ mm}$ ), e em seguida em moinho de rolos até a amostra ser transformada em pó fino. A abundância natural do  $^{15}\text{N}$  foi determinada com o auxílio do espectrômetro de massa de razão isotópica de fluxo contínuo (Finnigan Delta V) acoplado a um analisador elementar (Carlo Erba EA 1108) do “Laboratório de Isótopos Estáveis John Day” da Embrapa Agrobiologia. Amostras de sementes também foram moídas e analisadas quanto ao teor de N total e abundância natural de  $^{15}\text{N}$  usando os mesmos procedimentos. A interferência da abundância de  $^{15}\text{N}$  contidos nas sementes foi corrigida conforme descrito por Okito *et al.* (2004).

O cálculo da contribuição do N derivado do ar via FBN (%Ndfa) foi baseado na equação de Shearer e Kohl (1986):

$$\%Ndfa = 100 \times (\delta^{15}\text{N planta de referência} - \delta^{15}\text{N leguminosa}) / (\delta^{15}\text{N planta de referência} - B)$$

Onde B é uma constante relacionada ao processo de discriminação isotópica de  $^{15}\text{N}$  pelo processo da FBN, aqui considerada como sendo  $-1,3 \delta^{15}\text{N}$  (BERGERSEN *et al.*, 1988). A quantidade total de N na planta derivada da FBN foi calculada pela multiplicação da %Ndfa pelo total de N acumulado pela planta, resultando no N derivado da FBN (NdFBN).

## Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e de homogeneidade de Bartlett, e quando não atenderam a estes critérios os dados foram transformados (logarítmo ou raiz de x). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software “R”. Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

## Resultados

---

A produtividade de grãos na área 1-TO ficou entre 4.590 e 5.289 kg ha<sup>-1</sup>, extremos estes que corresponderam ao tratamento controle e ao Brad+Azo, respectivamente (Tabela 2). Estatisticamente, observou-se diferença na produtividade apenas entre o controle e os tratamentos inoculados (Brad e Brad+Azo), os quais alcançaram uma produtividade média de 5.204 kg ha<sup>-1</sup>, cerca de 614 kg ha<sup>-1</sup>, ou 13%, acima da produtividade do tratamento controle. As condições climáticas na área foram favoráveis (Figura 1), e junto com a fertilidade (Tabela 1), genética e tratos culturais utilizados, contribuiu para que os resultados ficassem acima da produção média observada no estado do Tocantins na safra 2017/2018, que foi de 2.882 kg ha<sup>-1</sup> (LSPA, 2017).

Os resultados da porcentagem de N derivado da FBN variaram entre 65 e 84% nos tratamentos controle e Brad+Azo, respectivamente (Tabela 2). Foram observadas diferenças entre todos os tratamentos. Em relação ao tratamento controle, os aumentos de produtividade com a inoculação e coinoculação foram de 13% e 19%, respectivamente.

O teor de N no grão não variou entre os tratamentos, mas quando a quantidade de N exportada nos grãos derivada da FBN é calculada, os tratamentos que receberam a inoculação com bactérias fixaram da atmosfera, em média, 92 kg N ha<sup>-1</sup> a mais que o controle. Descontando a quantidade NdFBN do total de N acumulado nos grãos no tratamento controle, verifica-se que 105 kg ha<sup>-1</sup> de N derivado da matéria orgânica do solo foram requeridos para a produção de grãos, enquanto nos tratamentos com inoculação, essa necessidade de N do solo foi de apenas 55,7 e 79,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente nos tratamentos Brad+Azo e Brad.

Na área 2-BA, as produtividades de grãos ficaram muito próximas entre os tratamentos, sem diferença estatística, com uma média de aproximadamente 5.360 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Nesta área, os resultados de produtividade de grãos também foram elevados e ficaram acima da produção média observada no estado da Bahia, na safra 2017/2018, que foi de 3.181 kg ha<sup>-1</sup> (LSPA, 2017).

O tratamento controle apresentou uma porcentagem de N derivado da FBN de 49, significativamente menor do que as dos tratamentos inoculados, as quais foram estatisticamente semelhantes, com uma média de 58% do total de N acumulado pelas plantas (Tabela 3). Em relação ao tratamento controle, a inoculação ou a coinoculação elevaram a dependência das plantas pela FBN em 18%. No entanto, os resultados de % FBN na área 2-BA foram inferiores a 60%, abaixo do que foi registrado na área 1-TO, e em outras áreas onde a contribuição da FBN foi avaliada na cultura da soja (MACEDO, 2003; ALVES *et al.*, 2006).

**Tabela 2.** Produtividade de grãos de soja, porcentagem de FBN e N no grão, quantidade de N total exportado no grão (N ex. grão) e N derivado da FBN (NdFBN) (variedade MS 8349) na **ÁREA 1-TO** (safra 2017/2018) na Fazenda Maringá no município de Santa Rosa do Tocantins-TO.

Tratamentos	Produtividade grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )	FBN (%)	N no grão (%)	N ex. grão* (kg.ha <sup>-1</sup> )	NdFBN** (kg.ha <sup>-1</sup> )
Controle	4.590 b	65 c	6,5 a	299,0 b	199,4 b
Brad	5.120 a	78 b	7,1 a	359,2 a	280,1 a
Brad+Azo	5.289 a	84 a	6,6 a	348,4 a	292,7 a
CV (%)	7,2	12,8	4,0	9,6	20,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade. Médias sem letras significam que a interação foi significativa a 5% de probabilidade. \* N ex. grão= Quantidade de N exportado nos grãos.

**Tabela 3.** Produtividade de grãos de soja e porcentagem de FBN (variedade MS 8349) na **ÁREA 2** (safra 2018/2019) na Fazenda Panorama, município de Correntina-BA.

Tratamentos	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	FBN (%)
Controle	5.338,0 a	49 b
Brad	5.391,4 a	58 a
Brad+Azo	5.349,9 a	57 a
Média	5.359,8	55
CV (%)	0,5	9,0

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

## Discussão

---

A cultura da soja no Brasil é conduzida dependentemente da FBN, utilizando-se inoculantes comerciais à base de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp., embora nem sempre essa prática seja seguida em áreas anteriormente cultivadas com a soja. Neste estudo, ganhos de produtividade de grãos ocorreram na área 1- TO onde a inoculação com *Bradyrhizobium* spp. resultou em incremento de 11%, e a co-inoculação, de 15%, em relação a ausência de inoculação. Em contrapartida, não houve efeito de inoculação ou coinoculação na produtividade de grãos na área 2 BA. De acordo com Hungria *et al.* (2001), bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sobrevivem no solo, o que pode explicar os casos em que a soja cultivada sem inoculação tenha um desempenho semelhante ao observado com a aplicação do inoculante. Porém, em média, ganhos de 4,5% de produtividade podem ser alcançados com a re-inoculação, sendo uma prática sempre recomendada pelo pequeno custo que representa (HUNGRIA *et al.*, 2001).

Sobre o uso de coinoculação, de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (podendo ser *B. Japonicum*, *B. diazoefficiens* ou *B. elkanii* isoladas ou em conjunto) com *Azospirillum brasilense*, é uma prática que passou a ser recomendada para a cultura da soja desde 2013. A promoção de crescimento de raízes induzida por fitormônios produzidos pelo *A. brasilense* incrementa a capacidade da planta em fixar N<sub>2</sub>, e agrega potencial para maior produtividade (PRANDO *et al.*, 2019). Esse efeito da coinoculação explica o aumento de 18% na dependência pela FBN (%FBN) nas plantas de soja coinoculadas em Tocantins, e a tendência de ganhos de produtividade. Os trabalhos de Hungria *et al.* (2013), Nogueira *et al.* (2018) e Prando *et al.* (2019) encontraram ganhos médios de 8% na produtividade com a inoculação do gênero *Bradyrhizobium* spp., e de 16% com a coinoculação. No entanto, nas áreas de produção observadas em parceria com a Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-PR), também foram observadas áreas sem resposta (NOGUEIRA *et al.*, 2018; PRANDO *et al.*, 2019), tal como ocorreu na Bahia, no presente estudo.

A contribuição da FBN para as plantas de soja em Tocantins foi elevada. Com a coinoculação, a contribuição da FBN alcançou 84% do N total acumulado pela planta, um pouco superior ao uso apenas da inoculação com

o gênero *Bradyrhizobium* spp. que proporcionou uma contribuição da FBN de 78%. Esse resultado médio de 81% do N da planta derivado da FBN nos tratamentos sob inoculação e coinoculação na área 1-TO é compatível com observações realizadas por Macedo (2003), em áreas comerciais do PR que utilizaram inoculantes no plantio da soja. Na área 2-BA, a produtividade foi alta e a ausência de diferença na produtividade entre o tratamento controle e com inoculantes, pode indicar que o N disponível do solo supriu as necessidades da planta (NEVES *et al.*, 1985). O N acumulado pela planta derivado da FBN representou valores abaixo de 60%, e menores ainda quando não houve inoculação. Esta condição de áreas com boas produtividades e contribuição da FBN abaixo de 60% foi observada por Macedo (2003), o que foi atribuído ao histórico de manejo de solo em plantio direto e rotação de cultivos com leguminosas e culturas como milho ou algodão, que recebem doses elevadas de adubo nitrogenado antes da soja. Essa maior disponibilidade de N no solo após 4-5 anos sob manejo de plantio direto é observada desde os primeiros trabalhos realizados na região Sul do País (SÁ, 1997).

Um aspecto importante sobre a necessidade de garantir alta FBN para a cultura da soja é sua alta exportação de N nos grãos. Estudos realizados em áreas das regiões Sul (ZOTARELLI, 2000) e Centro-Oeste (ALVES *et al.*, 2006), utilizando o balanço de N na cultura da soja, demonstraram que o N derivado da FBN para a cultura sob inoculação se aproxima da quantidade de N exportada nos grãos. Sem a inoculação, a possibilidade de redução da FBN pode implicar em drenos de N do solo, especialmente no oeste da Bahia, região de solos mais frágeis e altas temperaturas, onde a expansão da soja pode ter acontecido sem a devida atenção quanto ao uso correto dos inoculantes.

Os resultados encontrados nestas duas áreas comerciais demonstram que a ausência da inoculação comprometeu a produção em uma das áreas e reduziu o percentual de N obtido na FBN em ambas. Esse efeito pela ausência do inoculante pode se confundir com “falhas na inoculação”, e abre espaço para que empresas fornecedoras de insumos especulem sobre possíveis ganhos de produtividade da soja com a adubação nitrogenada complementar, principalmente após o florescimento. No passado este questionamento de aplicação complementar de N foi devidamente tratado pela pesquisa oficial, quando foram realizados exaustivos estudos que comprovaram que a soja adequadamente inoculada alcançou produtividades similares ou superiores aos tratamentos fertilizados com N (ALVES *et al.* 2003).

## Conclusões

---

Os resultados obtidos neste estudo fortalecem a recomendação que investir em inoculantes comerciais com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* para a soja é vantajoso para o produtor, e que a combinação com bactérias promotoras de crescimento de raízes (*Azospirillum brasilense*) é uma opção que pode trazer benefícios para o desempenho da produção de grãos para as regiões de TO e BA.

## Agradecimentos

---

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido no edital CNPq Universal 2016 - Processo 425161/2016-1, a ANPIL. Os autores também agradecem o apoio da Embrapa Agrobiologia e da SLC Agrícola, em especial ao Sr. Marquel Holzschuh e Adir Picco.

## Referências Bibliográficas

---

- CALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The Success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, p. 1-9, 2003.
- ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 449-456, mar. 2006.
- ALVES, E.; SOUZA, G. da S.; MIRANDA, E. E. **Renda e pobreza rural na região do MATOPIBA**. 2015. Disponível em: [https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT10\\_Renda e pobreza rural na região do MATOPIBA.pdf](https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT10_Renda_e_pobreza_rural_na_região_do_MATOPIBA.pdf).
- BERGERSEN, F. J.; PEOPLES, M. B.; TURNER, G. L. Isotopic discriminations during the accumulation of nitrogen by soybeans. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.15, p.407-420, 1988.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1987. 61 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 21).
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1977. p. 1-6.
- CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. de F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1641-1649, jun. 2015.
- DALL'AGNOL, A. **Dicas para uma produção sustentável de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. Não paginado. 1 folder.

DÖBEREINER, J.; FRANCO, A. A.; GUZMÁN, I. Estirpes de *Rhizobium japonicum* de excepcional eficiência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, v. 5, p.155-161, 1970.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2020/21)**. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Em 27/08/2021.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001, p. 48. (Circular Técnica, 35).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C.; GRAHAM, P. H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in South America. In: SINGH; R. P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P. K (Ed.). **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston, TX: Studium Press, 2006. p. 43–93.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; NOGUEIRA, M. A.; A pesquisa em fixação biológica do nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIOLÓGICOS DE INTERESSE AGRÍCOLA, 16, 2010, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2012. p. 54-60.

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

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. J. (ed.). **Biological nitrogen fixation**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. v. 2, p. 1009-1023.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologias de inoculação da cultura da soja: mitos, verdades e desafios**. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, Oct. 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, abr. 2015.

JESUS, K. R.; TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. Estratégias e tecnologias poupa-terra e seus impactos na agricultura brasileira. In: TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. de (Ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 11-18.

LSPA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em 13 de agosto de 2021.

MACEDO, R. A. T. **Influência de fatores de manejo sobre a fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja em áreas experimentais e de produção no Noroeste do Paraná**. 2003. 89 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MAGALHÃES, L. A.; MIRANDA, E. E. de. **MATOPIBA**: quadro natural. Campinas: Embrapa, 2014. 41 p. (Embrapa. Nota Técnica GITE, 5). Disponível em: [em: https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT7\\_Matopiba\\_Quadro\\_Agricola.pdf](https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT7_Matopiba_Quadro_Agricola.pdf). Acesso em 21 de julho de 2021.

NEVES, M. C. P.; DIDONET, A. D.; DUQUE, F. F.; DOBEREINER, J. Rizobium strain effects on nitrogen transport and distribution in soybeans. **Journal Experimental Botany**, v. 36, p.1179-1192, 1985.

NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; CONTE, O.; HARGER N.; OLIVEIRA F. T. de; HUNGRIA, M. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 143).

OKITO, A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Isotopic fractionation during N<sub>2</sub> fixation by four tropical legumes. **Soil Biology Biochemistry**, v. 36, p.1179-1190, 2004.

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; HARGER, N.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2018/2019 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 156).

SÁ, J. C. M. Plantio Direto em Campos Nativos. In: **Plantio Direto**: o caminho para uma agricultura sustentável. Peixoto, R. T. dos G., Ahrens, D. C., Samaha, M. J. (Eds.). IAPAR. 1997. p. 53-65.

SHEARER, G. E.; KOHL, D. H. N<sub>2</sub>-fixation in field settings: estimations based on natural 15N abundance, **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, p. 699-756, 1986.

TECNOLOGIAS de produção de soja - **Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

ZOTARELLI, L. **Balanco de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina-PR**. 2000. 133p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.

**Embrapa**

---

**Agrobiologia**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL