

**COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO COM A APLICAÇÃO  
DE COBALTO E MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO AMENDOIM**

**Por**

**ANNA PAULLA GONÇALVES DE AMORIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá, como parte dos  
requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO

Maio – 2023

**COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO COM A  
APLICAÇÃO DE COBALTO E MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO AMENDOIM**

por

ANNA PAULLA GONÇALVES DE AMORIM

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz – IF Goiano

Prof. Dr<sup>a</sup>. Silvia Sanielle Costa de Oliveira – IF Goiano

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

A524c Amorim, Anna Paulla Gonçalves de  
COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE  
NITROGÊNIO COM A APLICAÇÃO DE COBALTO E  
MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO AMENDOIM / Anna Paulla  
Gonçalves de Amorim. Rio Verde 2026.

25f.

Orientador: Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz.  
Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira.  
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de  
0233154 - Mestrado Profissional em Bioenergia e Grãos -  
Integral (Campus Rio Verde).  
I. Título.

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |                                                            |                                                         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

☒ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Anna Paulla Gonçalves de Amorim

Matrícula:

2022102331540009

Título do trabalho:

Coinoculação de Bactérias Fixadoras de Nitrogênio com a aplicação de Cobalto e Molibdênio na Cultura do Amendoim

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 28/02/2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

Local

26/01/2026

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente

SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA

Data: 28/01/2026 08:09:36 -0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

gov.br



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 83/2024 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**ATA Nº 86 (OITENTA E SEIS)**  
**BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos vinte dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e quatro, às 20h00min (vinte horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada via Google Meet, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **ANNA PAULA GONÇALVES AMORIM**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da Dissertação que, em 30 min, procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Sihélio Júlio Silva Cruz	IF Goiano – Campus Iporá	Presidente
Silvia Sanielle Costa de Oliveira	IF Goiano – Campus Iporá	Membro interno
Carlos Jorge da Silva	IF Mato Grosso – Campus Campo Novo do Parecis	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Sihelio Julio Silva Cruz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/08/2024 18:06:17.
- Silvia Sanielle Costa de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/08/2024 18:15:18.
- Carlos Jorge da Silva, Carlos Jorge da Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (1), em 30/08/2024 17:53:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/08/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 625417

Código de Autenticação: 73a3d8dc23



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde, e persistência para trilhar este caminho e estar me proporcionando essa oportunidade.

A minha mãe Leila Maria Gonçalves, ao meu irmão, minha avó e ao meu noivo, por todo apoio, e paciência durante este percurso e por sempre me motivar a crescer.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, por todo ensinamento e crescimento pessoal proporcionado pelo mestrado em Bioenergia em Grãos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá por todo suporte, disponibilidade de recursos e apoio. Ao meu orientador na pessoa do Professor Dr. Sihélio, pela orientação, atenção e ensinamentos.

## SUMÁRIO

Página

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
1. INTRODUÇÃO .....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÃO.....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

# COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO COM A APLICAÇÃO DE COBALTO E MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO AMENDOIM

por

ANNA PAULLA GONÇALVES DE AMORIM

(Sob Orientação do Professor Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz – IF Goiano)

## RESUMO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma cultura oleaginosa de grande relevância alimentar e socioeconômica no Brasil e no mundo. Sendo a segunda oleaginosa mais cultivada no Brasil. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Escola do IF Goiano, de modo a avaliar os efeitos da coinoculação e/ou inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e da aplicação de cobalto e molibdênio na nodulação na cultura do amendoim. O delineamento empregado é o inteiramente ao acaso, com quatro repetições, e uma combinação fatorial ( $2 \times 4$ ) com a aplicação ou não de molibdênio e cobalto associado a quatro tratamentos com inoculação. Com o objetivo de avaliar os efeitos da coinoculação das sementes e da aplicação de Cobalto e Molibdênio na nodulação, no crescimento e na partição de matéria seca das plantas de amendoim. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A aplicação de inoculantes e os micronutrientes, molibdênio e cobalto, mostrou-se uma boa estratégia para melhorar o desenvolvimento de cultivar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nodulação; leguminosa; *Arachis hypogaea* L.; rizobactérias; nutrientes.

# COINOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO COM A APLICAÇÃO DE COBALTO E MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO AMENDOIM

by

ANNA PAULLA GONÇALVES DE AMORIM

(Under the advising of Professor Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz – IF Goiano)

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is an oilseed crop of great food and socioeconomic relevance in Brazil and the world. Being the second most cultivated oilseed in Brazil. The experiment was conducted in a greenhouse at the Fazenda Escola do IF Goiano, in order to evaluate the effects of coinoculating seeds with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* and the application of cobalt and molybdenum on nodulation in peanut crops. The design used is a randomized block, with four replications, and a factorial combination ( $2 \times 4$ ) with the application or not of mo and co associated with four inoculation treatments. With the objective of evaluating the effects of seed coinoculation and the application of Co and Mo on nodulation, growth and dry matter partitioning of peanut plants. The data obtained were subjected to analysis of variance and compared using the Tukey test, at 5% probability. The application of inoculants and micronutrients, molybdenum and cobalt, proved to be a good strategy to improve cultivar development.

**KEYWORDS:** Nodulation; legumes; *Arachis hypogaea* L.; rhizobacteria; nutrients

## 1. INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma cultura oleaginosa de grande relevância alimentar e socioeconômica no Brasil e no mundo (ARRUDA et al., 2017). Sendo a segunda oleaginosa mais cultivada no Brasil, atingindo uma produção de 893 mil toneladas na safra 2022/2023 (CONAB, 2023).

A produção brasileira de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), saltou de 346,8 mil toneladas na safra 2014/15 para uma estimativa de 746,7 mil toneladas no ciclo 2021/22, um aumento de 115% (CONAB, 2022). O bom resultado é reflexo do aumento da área destinada para a cultura e do investimento em tecnologias de nutrição e biotecnologia. Contudo, a eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) está diretamente ligada a cofatores metálicos. O Molibdênio (Mo) atua diretamente na enzima nitrogenase, enquanto o Cobalto (Co) é o elemento central da cobalamina, fundamental para a síntese de leghemoglobina. Embora usados em pequenas quantidades, quando não disponibilizados esses micronutrientes podem acabar comprometendo a inoculação e dessa forma acabar perdendo seu potencial produtivo.

No Brasil, a utilização de tecnologias sustentáveis, como é o caso da inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* que são capazes de fornecer grande parte do nitrogênio (N) necessário para o crescimento e desenvolvimento de leguminosas (Hungria et al. 2005). Outras bactérias também são estudadas na espécie como o *Azospirillum* que é utilizado no processo de co-inoculação juntamente com o *Bradyrhizobium*. O *Azospirillum* além de realizar fixação biológica de nitrogênio (FBN), produz fitohormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, induz a resistência a doenças e estresses ambientais, e solubiliza fosfato que auxiliam no crescimento e desenvolvimento das plantas. Contudo, para a realização eficiente da FBN pelas bactérias alguns nutrientes são necessários como é o caso do cobalto (Co) e molibdênio (Mo).

A utilização dos micronutrientes são de suma importância mesmo em pequenas quantidades, quando se pensa nos macronutrientes, pois elas desempenham um papel importantíssimo no desenvolvimento da planta. Uma vez que se encontre deficiência desses

nutrientes, acarreta redução de crescimento e desenvolvimento das plantas, e consequentemente efeitos negativos na produção (CARMO FILHO, 2022). O cobalto e o molibdênio são micronutrientes benéficos, isso se deve à sua participação em diversos processos e reações bioquímicas que contribuem para a fixação biológica de nitrogênio. Deste modo, na ausência ou na baixa disponibilidade de cobalto e molibdênio no solo, podem acabar ocasionando deficiência de nitrogênio (DALL'AGNOL; NOGUEIRA, 2021).

A disponibilidade do N em forma assimilável pela planta ocorre por meio da enzima nitrogenase presente em ambas as bactérias. O Mo faz parte dessa enzima na forma de Fe-Mo proteína, recebendo os elétrons da Fe-proteína e ligando-se ao N<sub>2</sub>, fazendo com que ocorra a quebra da ligação tripla do N<sub>2</sub> e o tornando disponível para a assimilação da planta. Já o Co determina a atividade dos nódulos, pois faz parte da estrutura das vitaminas B12, sendo importante na formação da co-enzima cobalamida que é precursora da legmoglobina. Esses micronutrientes fazem parte das indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul (SALVADORI *et al.* 2016).

Os micronutrientes formam complexos enzimáticos que ligam a enzima ao substrato e participam também de reações redox, pois sua presença em grupos proteicos permite que eles catalisem essas reações por meio da transferência de elétrons (HILLE, 2013). Portanto, qualquer alteração na disponibilidade destes micronutrientes para a planta pode resultar em interferências no processo de FBN (STECCA *et al.* 2019) e por consequência na produtividade de grãos da cultura.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta dicotiledônea, Magnoliopsida (Dicotyledoneae) herbácea pertencente a família Fabaceae (Leguminosae) e ao gênero *Arachis* e encontra-se entre as oleaginosas mais cultivadas em todo mundo (FAO, 2023). É uma cultura agrícola originária da América do Sul, e existem mais de 80 espécies silvestres de amendoim dispersas no continente sul-americano e pela quantidade e diversidade de espécies presentes no Brasil, ele é tido centro de origem e dispersão. Países como Paraguai, Bolívia, Argentina e Uruguai são centros secundários de origem e dispersão. No Brasil, entre os principais Estados produtores estão São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2022).

Cultivada em regiões de clima temperado e tropical, a cultura é considerada uma das oleaginosas mais produzidas mundialmente, ocupando a quinta colocação na produção mundial (SILVEIRA et al., 2011; VASCONCELOS et al.; 2015). É a semente da família leguminosa mais disseminada no mundo.

Atualmente, o Brasil apresenta área plantada de amendoim em torno de 175,4 mil hectares com produção estimada em 746,7 mil toneladas no ciclo 2021/22, onde se pode observar um novo cenário, deixando de ser uma cultura secundária e passando a ocupar novas áreas, sendo utilizada como primeira opção pelos produtores e também corriqueiramente na rotação de cultura com a cana-de-açúcar (CONAB, 2022).

Grande parte do produto cultivado no país é exportada. Em torno de 70% da produção é destinada ao mercado internacional, a União Europeia os principais países compradores, com ênfase na Holanda, Polônia, Austrália e Itália (CONAB, 2022). Seu cultivo tem como principal distinção a produção de sementes destinadas à extração de óleo, indústria, como forrageiras na alimentação animal e o consumo in natura (CONAB, 2022).

### 2.2 Nutrientes

Os solos brasileiros apresentam características distintas, de modo que se diferenciam em

virtude da capacidade de fornecimento e suas propriedades químicas, físicas e biológicas, desse modo os solos são as principais fontes desse fornecimento de água e de nutrientes às plantas (CONCEIÇÃO et al., 2022). Para o pleno desenvolvimento da cultura, a aplicação de elementos minerais é uma das técnicas mais utilizadas, com o intuito de atender as demandas da planta conforme a necessidade do solo (BEZERRA, 2019).

A necessidade nutricional das culturas se difere segundo o seu desenvolvimento, por essa razão a adubação mineral e de suma importância para que as cultivares consigam expressar seu potencial, esses elementos são divididos em macronutrientes e micronutrientes, diferindo-se um do outro pela quantidade exigida (Ronquim, 2020). Para a utilização das doses recomendadas no momento da adubação, a análise da fertilidade do solo é uma ferramenta no manejo da nutrição das lavouras. Outros parâmetros a serem observados são a avaliação do histórico de fertilidade da área e o histórico de produtividade, permitindo assim uma melhor análise (Bettiol, 2023).

Os micronutrientes são fundamentais para o desenvolvimento das plantas, sendo absorvidos em quantidades mínimas. Eles são essenciais para a formação de enzimas e atuam como seus ativadores (EMBRAPA, 2020). Quaisquer deficiências de micronutrientes podem causar problemas no crescimento e desenvolvimento das plantas, afetando a qualidade e a quantidade da produção (Dechen; Nachtigall, 2006). Alguns fatores afetam a disponibilidade dos micronutrientes no solo, sendo o pH, o teor de MOS e a textura do solo.

### **2.3 Cobalto e Molibdênio**

Os solos brasileiros na sua maioria são pobres em cobalto e molibdênio, principalmente os solos com teor de acidez, principalmente aqueles explorados há muito tempo para a produção agrícola, diminuindo assim os teores desses nutrientes, devido à exportação pelas colheitas (DALL'AGNOLA; NOGUEIRA, 2021).

Os micronutrientes cobalto (Co) e molibdênio (Mo) são essenciais para o desenvolvimento da cultura, pois desempenham um papel importante na realização de reações bioquímicas que permitem a fixação biológica do N<sub>2</sub> (FBN) no ar. Embora sejam necessários em pequenas quantidades, são cruciais para a nutrição, participam da redução do N<sub>2</sub> atmosférico

em nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), que as leguminosas absorvem. Reduzindo assim a necessidade de adubação mineral de nitrogênio (DALL'AGNOLA; NOGUEIRA, 2021).

A fixação biológica é seriamente afetada quando ocorre deficiência de molibdênio (Mo), tendo em vista que este nutriente faz parte da enzima nitrogenase, responsável pelo processo da fixação (MARSCHNER, 1995). O mesmo ocorre com a deficiência do cobalto (Co), que influencia a absorção de nitrogênio, porque participa da estrutura da vitamina B12, necessária à síntese de leghemoglobina, que determina a atividade dos nódulos (MENGEL & KIRKBY, 2001). Além disso, os micronutrientes estão envolvidos nos principais processos fisiológicos da fotossíntese e da respiração (MENGEL & KIRKBY, 2001) e sua deficiência pode impedir esses processos fisiológicos vitais, limitando assim o ganho de produtividade das culturas. Porém, agricultores ainda deixam de realizá-la, por desconhecimento dos benefícios do Co e do Mo e/ou por incerteza da compatibilidade das bactérias presentes na inoculação com os nutrientes.

## **2.4 Inoculação**

O amendoim por ser uma espécie leguminosa, apresenta a característica de associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), o que lhe permite eficiência no processo de absorção desse nutriente. No entanto, a prática de inoculação com *Bradyrhizobium* (rizóbio) nos cultivos comerciais de amendoim no Brasil não tem sido muito comum, principalmente, devido à ampla faixa de rizóbios nativos presentes nos solos tropicais com capacidade de colonizar as raízes de amendoim (Thies *et al.* 1991). Apesar dessa constatação, em algumas situações, como em áreas de primeiro cultivo de plantas leguminosas, onde não existem populações consideráveis de rizóbio no solo, a prática de inoculação tem sido recomendada com a finalidade de aumentar o rendimento de grãos da cultura, como evidenciado por Crusciol e Soratto (2007). Essas bactérias associadas realizam a fixação biológica de nutrientes, dessa forma são indispensáveis no cultivo do amendoim, pois produzem fitohormônios (CASSÁN *et al.*, 2014), solubilizam fosfato (TAHIR *et al.*, 2019) e instigam a resistência a doenças e a estresses (FUKAMI *et al.*, 2017). Acarretando assim em semente com maior vigor e qualidade, pois possibilita a planta uma maior disponibilidade de nutrientes que auxiliam de maneira

satisfatória no crescimento e desenvolvimento das raízes permitindo assim que a mesma abranja um maior volume de solo e consecutivamente um maior acesso e contato a água e aos nutrientes presentes no solo, tornando a planta mais resistente aos fatores adversos, reduzindo assim em gastos operacionais.

Considerando as limitações da FBN do amendoim inoculado com *Bradyrhizobium*, a utilização de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), capazes de promover efeito sinérgico na nodulação e no crescimento das plantas, pode representar uma alternativa para maximizar a eficiência da fixação de N e incrementar a produtividade da cultura. Dentre as rizobactérias utilizadas na inoculação de outras espécies leguminosas, se destacam as bactérias do gênero *Azospirillum* (FIPKE *et al.*, 2016; HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2013). Além disso, aumentos na produção dos compostos promotores de crescimento podem auxiliar no desenvolvimento e produtividade das plantas (ARAUJO *et al.*, 2012). Um dos principais benefícios da utilização dessas bactérias é o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, possibilitando explorar mais volume de solo e, portanto, promovendo vantagens em relação à demanda de nutrientes e água (deak *et al.* 2019; Pérez-montaña *et al.* 2014).

Neste contexto, iniciou-se, nos últimos anos no Brasil, os estudos com coinoculação de *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* nas culturas de soja e de feijão, buscando ganhos em nodulação, suprimento de N e maior produtividade de grãos (Hungria *et al.* 2013). No entanto, não há estudos que comprovam os efeitos benéficos da coinoculação de bactéria dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura do amendoim.

A prática da aplicação de Co e Mo juntamente com as bactérias fixadoras de N vêm sendo estudada por diversos autores em cultivos de soja e feijão, porém até o momento sem registro na cultura do amendoim (Pereira *et al.* 2016; Teixeira filho *et al.* 2017). Em diversas culturas como já destacada a prática da coinoculação e o uso de micronutrientes e bem satisfatórios, então dessa forma estudos voltados para a cultura do amendoim vão auxiliar os produtores a buscar alternativas mais viáveis para o desenvolvimento da cultura acarretando num maior

desempenho e lucratividade.

Todavia, devido às sementes serem preconizadas como veículo de tecnologias de proteção e nutrição de plantas pela facilidade e menor custo de operação, alternativas para manutenção e viabilidade destes processos no tratamento de sementes têm sido pesquisadas (ARAÚJO *et al.* 2017; STECCA *et al.* 2019).

Levando em consideração que as bactérias utilizadas na co-inoculação (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) não formam esporos, portanto, são mais suscetíveis a fatores deletérios que ocorrem durante o processo de inoculação e após no solo (BERNINGER *et al.* 2018; CALLAGHAN, 2016), e que sua utilização é indispensável para a cultura de leguminosas, pois reduzem o custo de produção da lavoura e não causam danos ao meio ambiente, são necessários manejos e tecnologias combinadas que visem a eficiência da multiplicação, inoculação, simbiose e fixação biológica de N no ambiente de produção.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano – IF Goiano, em Iporá, GO (16° 25' 29" S, 51° 09' 04" W e altitude de 584 m). Foram utilizados vasos plásticos com 7,0 L de capacidade, preenchidos com 6,5 L de solo peneirado em malha de 5 mm, proveniente da camada superficial de 0,0–0,20 m de um Neossolo Quartzarênico, com baixos teores de cobalto e molibdênio.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (2 × 4), onde o fator um foi constituído da aplicação ou não de Mo e Co na proporção de 10 g/50 kg de semente, e o fator dois foi composto por quatro formas de inoculação das sementes [i) controle (sem inoculação); ii) inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*; iii) inoculação com *Azospirillum brasilense*; e, iv) coinoculação com *B. japonicum* e *A. Brasilense*]. A cultura utilizada no experimento foi o amendoim (*Arachis hypogaea*), cultivar IAC OL3 de ciclo longo 130 dias (Aguiar *et al.*, 2014).

A coinoculação foi realizada misturando as duas rizobactérias, nas mesmas proporções utilizadas quando inoculadas isoladamente, ou seja, 150 mL do inoculante contendo *B.*

*japonicum* + 200 mL de inoculante contendo *A. brasilense* para 50 kg de sementes de amendoim no laboratório de Tecnologia de sementes na Fazenda Escola do IFGoiano, Campus Iporá. Foram semeadas 10 sementes por vaso, e aos oito dias após a semeadura, foi realizado o desbaste deixando-se uma planta por vaso. O teor de água do solo foi monitorado diariamente e mantido próximo da capacidade de retenção de água com irrigações diárias pelo sistema de microaspersão.

Aos 40 dias após a semeadura, amostras de plantas de amendoim foram colhidas e as seguintes variáveis mensuradas: altura de planta (AP), medindo-se a haste principal do colo até o meristema apical com o auxílio de régua graduada em centímetro (cm); número de nódulos (NN), obtido pela contagem do número de nódulos presentes nas raízes.

Em seguida, foi avaliado: A massa seca dos nódulos, para isto, os nódulos foram destacados e colocados em estufa por 48 horas à 65 °C com pesagem do material seco em balança analítica com precisão de 0,0001 g e, então, foi calculado a razão entre a massa de matéria seca dos nódulos e o número de nódulos para obter-se a massa de matéria seca média por nódulo.

Após as análises morfológicas serão realizadas as análises de crescimento, conforme preconizado por Benincasa (2003), onde serão determinados a área foliar (AF), a matéria seca da parte aérea das plantas (MSPA), das raízes (MSR), matéria seca total (MST). A área foliar total (AF) foi determinada a partir da separação de todas as folhas das plantas, onde se retirou 10 discos foliares, considerada assim a área foliar da amostra (AFAmostra). A seguir, foram levados à estufa, à temperatura de 65 °C, até atingirem massa constante, foi determinada a massa seca da amostra (MSAmostra) e a massa de matéria seca das folhas (MSF). A área foliar total (AF) foi obtida através da seguinte equação:  $AF = [(AFAmostra \times MSF) / MSAmostra]$ .

Para a mensuração da massa de matéria seca da parte aérea das plantas (M.S.P.A), das raízes (MSR), as plantas foram seccionadas em folha, caule e raiz e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada com temperatura de 65 °C até obter massa constante e, posteriormente, pesadas em balança analítica com precisão

de 0,0001 g, sendo os resultados expressos em g/planta; a massa seca da parte aérea foi obtida com a soma da massa seca das folhas com a massa seca do caule, e a massa seca total foi obtida com a somatória de todas as partes da planta (folhas, caule e raízes). O índice de clorofila foi avaliado por meio da leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development) utilizando o Chlorophyll Meter Spad – 502. O índice de clorofila SPAD foi avaliado aos 40 dias após a emergência das plantas.

Ao final, os dados obtidos serão submetidos à análise de variância e os efeitos se significativos serão comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis número de nódulo e massa seca de nódulos por planta, analisando a interação "aplicação de Mo e Co" x "inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio" através da comparação de médias pelo teste de Tukey ( $< 0,05$ ), foram observados efeitos significativos (Tabela 1). A aplicação de Mo e Co juntamente com a inoculação de *B. Japonicum* e/ou coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* aumentou o número e massa seca de nódulos por planta de amendoim. No entanto, os tratamentos não alteraram a massa seca média de cada nódulo.

Verifica-se na tabela 1 que no tratamento de inoculantes a inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* apresentou diferença significativa em relação ao controle ao nível de 5% de probabilidade, diferente do tratamento com *Azospirillum brasilense* que não diferiu estatisticamente do controle, já o tratamento de coinoculação também apresentou diferença significativa em relação ao controle, no entanto, observa-se que não houve diferença significativa entre o *Bradyrhizobium japonicum* e a coinoculação entre *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*. Portanto, sugere-se que a inoculação do *Azospirillum brasilense* não causa incremento significativo nas variáveis número de nódulos por planta, massa seca por nódulos de plantas e na massa seca média por nódulo.

De acordo com as variáveis de nodulação analisadas (Tabela 1), podemos observar uma interação significativa entre a aplicação de CO e MO e a inoculação com as bactérias fixadoras de nitrogênio. A aplicação desses micronutrientes otimizou o efeito do *B. Japonicum*, tanto

isoladamente quanto na coinoculação, apresentando um número e massa seca de nódulos maior. Podemos ressaltar que, apesar do aumento do número de nódulos, a massa seca média por nódulo permaneceu constante, sugerindo que o tratamento propiciou a formação de novos sítios de infecção e não somente o crescimento de novos nódulos.

**Tabela 1** – Efeito da aplicação de molibdênio (Mo), de Cobalto (Co) e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense*, no número de nódulos por planta, na massa seca de nódulos por planta e na massa seca média de nódulo de plantas de amendoim (cv. IAC OL3), cultivadas em condições de casa de vegetação.

Aplicação de Mo e Co	Nódulos					
	Nº de nódulos		Massa seca nódulo <sup>-1</sup> (mg)		Massa seca média <sup>-1</sup> (mg)	
	não	sim	não	sim	não	sim
Inoculação						
Controle	98 Bb	122 Ab	44 Bb	71 Ab	0.396 a	0.412 a
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	114 Ba	141 Aa	59 Ba	80 Aa	0.385 a	0.399 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	105 Bb	116 Ab	41 Bb	67 Ab	0.401 a	0.383 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	118 Ba	149 Aa	63 Ba	86 Aa	0.411 a	0.418 a
CV (%)	6.8		8.9		5.8	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem segundo o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem segundo o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nesse estudo, o aumento do número de nódulos por planta, e consequentemente da massa seca de nódulos por planta, está relacionado principalmente ao uso de Mo e Co no tratamento de sementes, esses micronutrientes além de essenciais e benéficos, estão diretamente ligados com a eficiência da nodulação e da fixação do nitrogênio da atmosfera (Dall’agnol; Nogueira, 2021; Carmo Filho, 2022).

As bactérias fixadoras de nitrogênio, como as do gênero *Rhizobium*, precisam de cobalto (Co) para seu crescimento e função. A presença adequada de Co no solo promove populações saudáveis dessas bactérias, essenciais para uma nodulação eficaz. Além disso, o Co é um componente crucial da vitamina B12 (cobalamina), que é produzida por algumas bactérias, incluindo as envolvidas na nodulação. A vitamina B12 é necessária para várias reações metabólicas dentro das bactérias e das plantas, facilitando a fixação eficiente do nitrogênio (Floss 2022; Inukai; Sato; Shimizu, 2023; Bursakov *et al.* 2023).

A deficiência de Mo pode levar a uma redução na formação e eficiência dos nódulos em plantas leguminosas, plantas com deficiência de Mo apresentam nódulos menos desenvolvidos

e com menor capacidade de fixação de nitrogênio. A suplementação com Mo, aumenta significativamente a atividade de fixação de nitrogênio e a eficiência dos nódulos, resultando em maior crescimento e rendimento das plantas (Floss 2022; Bursakov *et al.* 2023).

Corroborando com os resultados apresentados na Tabela 1, Steiner *et al.* (2018), estudando o efeito da aplicação de Mo e inoculação e/ou coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* no tratamento de sementes de amendoim cv RUNNER IAC 886, também registraram aumento no número e na massa seca de nódulos por planta, quando do tratamento de sementes com Mo, independente dos processos de inoculação e coinoculação.

Resultados positivos também foram observados por Lauschner *et al.* (2023), em estudo com tratamento de sementes de soja com Mo e Co, esses autores registraram uma quantidade significativamente maior de nódulos nas plantas oriundas de sementes tratadas, com uma média de 4,3 nódulos a mais em comparação com a testemunha. Além disso, as plantas provenientes de sementes tratadas apresentaram nódulos com formatos variados e, ao comparar o peso de nódulos frescos de plantas tratadas e não tratadas, houve um incremento médio de 30% no peso dos nódulos frescos nas plantas tratadas.

Analisando a interação "aplicação de Mo e Co" x "inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio" através da comparação de médias pelo teste de Tukey ( $< 0,05$ ), foram observados efeitos significativos para as variáveis morfofisiológicas altura de planta, área foliar e índice SPAD de clorofila (Tabela 2). Neste caso, a aplicação de Mo e Co e a inoculação e/ou coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* no tratamento de sementes, aumentaram a altura e a área foliar das plantas de amendoim. Para a variável índice SPAD de clorofila, os tratamentos com os inoculantes não apresentaram diferença significativa nas médias, bem como a aplicação dos micronutrientes, possivelmente não foi a única responsável pela diferença significativa na média, já que para o tratamento com o *Azospirillum brasilense* e a aplicação dos micronutrientes, não apresentou diferença significativa, o que sugere que o incremento na média dos demais tratamentos ocorreram devido à interação de Mo e Co com inoculação e coinoculação de *B. Japonicum* e *A. Brasilense*.

**Tabela 2** – Efeito da aplicação de molibdênio (Mo), de Cobalto (Co) e da inoculação das sementes

com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense*, na altura de plantas, área foliar e índice SPAD de clorofila de plantas de amendoim (cv. IAC OL3), cultivadas em condições de casa de vegetação.

Aplicação de Mo e Co	Plantas de amendoim					
	Altura de plantas (cm)		Área foliar (dm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )		Índice SPAD de Clorofila	
	não	sim	não	sim	não	sim
Inoculação						
Controle	10,2 Bb	11,9 Ab	0.463 Bb	0.544 Ab	32 Ba	37 Ab
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	11,7 Ba	13,5 Aa	0.554 Ba	0.641 Aa	34 Ba	42 Aa
<i>Azospirillum brasilense</i>	11,1 Ba	12,8 Aa	0.513 Ba	0.629 Aa	32 Ba	40 Ab
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	12,2 Ba	13,3 Aa	0.572 Ba	0.662 Aa	33 Ba	44 Aa
CV (%)	3,7		12,1		2.8	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem segundo o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem segundo o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento do crescimento das plantas de amendoim ocorreu devido à participação de Mo e Co no processo de fixação biológica de nitrogênio. O Mo é um componente chave da enzima nitrogenase, responsável por converter o nitrogênio atmosférico em amônia, utilizável pelas plantas. Além disso, o Mo é vital para a redutase de nitrato, enzima que converte nitrato em nitrito durante a assimilação de nitrogênio, e é essencial para a síntese de aminoácidos e proteínas, fundamentais para o crescimento vegetal (Brent *et al.* 2005). O Co é crucial para o crescimento das bactérias fixadoras de nitrogênio, e de suma importância para várias reações metabólicas. A presença adequada de Co promove a formação eficiente de nódulos, melhorando a capacidade da planta de fixar nitrogênio e crescer. A deficiência de Mo ou Co pode resultar em nodulação deficiente, menor fixação de nitrogênio e crescimento comprometido, tornando a suplementação desses nutrientes essencial para o crescimento saudável e produtivo das leguminosas (Floss 2022; Bursakov *et al.* 2023).

A maior oferta de nitrogênio promovida pela aplicação de Mo e Co e inoculação e/ou coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* no tratamento de sementes, também foi responsável pelo aumento dos índices SPAD de clorofilas nas plantas de amendoim. Segundo Muhammad *et al.* (2022), o nitrogênio é um elemento essencial para a produção de clorofila, a molécula que permite às plantas realizarem a fotossíntese ao capturar a energia da luz solar para produzir alimentos. Além disso, o nitrogênio é um componente fundamental dos aminoácidos, que são os blocos de construção das proteínas, incluindo aquelas envolvidas na síntese de

clorofila e nos processos fotossintéticos (Swoczyna *et al.* 2022). A disponibilidade de nitrogênio afeta diretamente a taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, o crescimento e a produtividade das plantas (Li *et al.* 2018).

No estudo de Santos *et al.* (2017), os autores não observaram efeitos significativos na altura e área foliar de plantas de amendoim quando as sementes foram tratadas somente com Mo. Porém, quando as mesmas sementes foram coinoculadas com *B. Japonicum* e *A. Brasilense*, observou-se aumentos nas médias de altura e área foliar. Nesse caso, a falta de Co no tratamento de sementes pode ser a causa da ausência de crescimento quando dos tratamentos somente com a aplicação de Mo.

Para Roychoudhury & Chakrabort (2022), a interação entre Mo e Co ocorre principalmente na fixação e na assimilação de nitrogênio, onde a presença adequada de molibdênio e cobalto nas plantas pode melhorar significativamente sua capacidade de utilizar eficientemente o nitrogênio disponível no solo, promovendo um crescimento mais vigoroso e uma maior produção.

Nesse sentido, a interação entre Mo e Co e inoculação e/ou coinoculação também foi observada para a produção de massa seca pelas plantas de amendoim (Tabela 3). Somente com os processos de inoculação e coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense*, já foi possível aumentar as médias de acúmulo de massa seca, porém com a aplicação de Mo e Co no tratamento de sementes, os incrementos foram significativamente maiores, principalmente para os tratamentos com *B. Japonicum*.

**Tabela 3** – Efeito da aplicação de molibdênio (Mo), de Cobalto (Co) e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense*, na massa seca da parte aérea (M.S.P.A), massa seca das raízes (M.S.R) e massa seca total (M.S.T) de plantas de amendoim (cv. IAC OL3), cultivadas em condições de casa de vegetação.

Aplicação de Mo e Co	Plantas de amendoim					
	M.S.P.A planta <sup>-1</sup> (g)		M.S.R planta <sup>-1</sup> (g)		M.S.T planta <sup>-1</sup> (g)	
	não	sim	não	sim	não	sim
Inoculação						
Controle	4.9 Bb	5.4 Ab	2.0 Bb	2.4 Ab	6.9 Bc	7.8 Ab
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	5.8 Ba	7.1 Aa	2.6 Ba	3,1 Aa	8.4 Bb	10.2 Aa
<i>Azospirillum brasilense</i>	5.7 Ba	6.5 Aa	2.5 Aa	2.6 Ab	8.2 Bb	9.1 Ab
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	6.4 Ba	7.3 Aa	2.8 Ba	3,4 Aa	9.2 Ba	10.7 Aa
CV (%)	8.3		9.2		5.8	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem segundo o teste de Tukey ao

nível de 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem segundo o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A fixação biológica de nitrogênio possibilitou que as plantas de amendoim obtivessem nitrogênio da atmosfera por meio da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (*B. Japonicum* e *A. Brasilense*), convertendo-o em compostos orgânicos vitais para seu crescimento, como aminoácidos e proteínas. A formação de proteínas é dependente da disponibilidade de nitrogênio (N) para a planta (Ferreira *et al.* 2016).

A coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* mostrou-se uma prática eficiente nesse caso. As bactérias *Azospirillum* também são utilizadas com sucesso em conjunto com *Bradyrhizobium*, no procedimento denominado coinoculação no cultivo de outras culturas (Fipke *et al.*, 2016; Hungria; Nogueira; Araújo, 2015). São bactérias associativas que realizam fixação biológica de nitrogênio (Fukami *et al.*, 2016; Hungria; Nogueira; Araujo, 2013), produzem fitohormônios (Cassán; Vanderleyden; Spaepen, 2014), solubilizam fosfato (Tahir *et al.*, 2013) e induzem a resistência a doenças e a estresses ambientais (Fukami *et al.*, 2017).

Portanto, a coinoculação pode estar relacionada com os aumentos de acúmulo de massa seca pelas plantas de amendoim, devido a maior disponibilidade de nutrientes que fornecem a planta, e produção de fitohormônios pela *Azospirillum*, que induzem o crescimento de raízes permitindo exploração de maior volume de solo, e consequentemente maior acesso a nutrientes e água (Pérez-Montaña *et al.*, 2014).

Bastos *et al.* (2012), avaliando o efeito da fixação biológica de nitrogênio através da coinoculação com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* em sementes de feijão-caupi, também registrou aumentos significativos na produção de matéria seca pelos nódulos, raízes e parte aérea das plantas. Para feijão-comum também foi observado aumentos significativos de acúmulo de matéria seca no estudo de Moraes *et al.* (2010). Plantas de milho, algodão e soja também apresentaram taxas de crescimento maiores quando inoculadas e/ou coinoculadas com *B. Japonicum* e *A. Brasilense* (Alves *et al.* 2006). No entanto, verifica-se, em todas as tabelas (1, 2 e 3), que a coinoculação para as variáveis analisadas, não apresentou diferença significativa para o tratamento com *Bradyrhizobium Japonicum*.

## 5. CONCLUSÕES

A aplicação de inoculantes e os micronutrientes, molibdênio e cobalto, mostrou-se uma boa estratégia para melhorar o desenvolvimento de cultivar IAC OL3 de amendoim.

A aplicação de cobalto e molibdênio de maneira isolada, bem como dos inoculantes promove incremento na média das variáveis analisadas de número, massa seca total e média dos nódulos da cultivar de amendoim.

O inoculante com *Bradirizobium Japonicum* apresentou diferença significativa da inoculação com *Azospirillum Brasilense*, mas não apresentou diferença significativa para coinoculação do *Bradirizobium Japonicum* mais o *Azospirillum Brasilense*.

A aplicação combinada dos micronutrientes Co e Mo juntamente com a inoculação promoveu incrementos significativos no desenvolvimento da cultura, aumentando a altura das plantas, a área foliar, o índice SPAD de clorofila e o acúmulo de biomassa seca total.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aguiar, A. T. da E., Gonçalves, C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S & Castro, C. E. F. de.** 2014. Boletim 200 - Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas.

**Araujo, F. F., L. M. Guaberto, e I. F. da Silva.** 2012. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. *Rev. Bras. Zoo.* 41: 521-527.

**Araujo RS, S.P.D. Cruz, E.L. Souchie, T.N. Martin, A.S. Nakatani, M.A. Nakatani & M. Hungria.** 2017. Preinoculation of soybean seeds treated with agrichemicals up to 30 days before sowing: Technological innovation for large-scale agriculture. *International journal of microbiology* 2017: 1-11.

**Bastos, V. J., Melo, D. A., Alves, J. M. A., Uchôa, S. C. P., Silva, P. M. C., Teixeira Junior, D. J.** 2012. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*; 6, 133-139.

**Benincasa, M. P. M.** 2003. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal-SP: FUNEP, 41 p.

**Berninger T, Ó.G. López, A. Bejarano, C. Preininger & A. Sessitsch.** 2018. Maintenance and assessment of cell viability in formulation of non-sporulating bacterial inoculants. *Microbial Biotechnology* 11: 277-301.

**Bettiol. et al.** Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical / Wagner Bettiol ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2023. PDF (788 p.) : il. color.

**BEZERRA, C. V. C.** Crescimento, fisiologia e produção do tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme) sob doses de potássio. 2019. 59f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2019.

**Brent, G. A.** 2005. Mechanisms of thyroid hormone action. *J Clin Invest.* 122(9): p. 3035-3043.

**Callaghan M.O.** 2016. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology* 100: 5729-5746.

**Carmo Filho, A. S.** 2022. Tratamento de sementes de soja com cobalto, molibdênio e níquel: efeitos no potencial fisiológico das sementes, nodulação e desempenho das plantas. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-15092022-094047/publico/Abimael\\_dos\\_Santos\\_Carmo\\_Filho\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-15092022-094047/publico/Abimael_dos_Santos_Carmo_Filho_versao_revisada.pdf).

**Cassán, F., Vanderleyden, J. & Spaepen, S.** 2014. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. *Journal of Plant Growth Regulation*; 33, 440-459.

**CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento.** 2023. Acompanhamento da safra brasileira. Grãos Safra 2022/23, 8: 3. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17 jan. 2024.

**CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento. Produção de amendoim cresce mais de 100% nos últimos 8 anos.** Disponível em: [https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4768-producao-de-amendoim-cresce-mais-de-100-nos-ultimos-anos#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20de%20amendoim,Nacional%20de%20Abastecimento%20\(Conab\)..](https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4768-producao-de-amendoim-cresce-mais-de-100-nos-ultimos-anos#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20de%20amendoim,Nacional%20de%20Abastecimento%20(Conab)..) Acesso em: 03 dezembro. 2023.

**CONCEIÇÃO, P. C. *et al.*** Plantas de cobertura e saúde do solo. *In: MEYER, M. C. *et al.* (Org.) Bioinsumos na cultura da soja.* Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 227-248.

**Crusciol, C.A.C. & R.P. SORATTO. 2007.** Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, 42: 1-8

**Dall’agnol, A. & Nogueira, M. A. 2021.** Cobalto e molibdênio, parceiros na fixação biológica do nitrogênio. Canal Rural, 2021. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2021/03/01/cobalto-e-molibdenio-parceiros-na-fixacao-biologicado-nitrogenio/>.

**DEAK, E. A. *et al.* 2019** Effects of soil temperature and moisture on biological nitrogen fixation in soybean crop. *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n. 8, p. 1327.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. *In: FERNANDES, M. S. (Ed.) Nutrição mineral de plantas.* Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 327-354.

**FAO.** Food and Agriculture of the United Nations. Faostat (Crops). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 17 jan. 2023.

**Fipke, G. M., Conceição, G. M., Grando, L. F. T., Ludwig, R. L., Nunes, U. R. & Martin, T. N. 2016.** Co-inoculation with diazotrophic bacteria in soybeans associated to urea topdressing. *Ciência e Agrotecnologia*; 40, 522-533.

**Floss, E. L. 2022.** Fatores essenciais para altos rendimentos da soja. *In: Maximizando o rendimento da soja: Ecofisiologia, nutrição e manejo 2. ed.* Passo Fundo: Passografic: p. 61-297.

**Fukami, J., Nogueira, M. A., Araujo, R. S. & Hungria, M. 2013.** Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express* 6, 3.

**Fukami, J., Ollero, F. J., Megías, M. & Hungria, M. 2017.** Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. *AMB Express*; 7: 1-53.

**Fukami, J., Nogueira, M. A., Araujo R. S. & Hungria, M. 2016.** Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*; 6, 3.

**HILLE, R.** The molybdenum oxotransferases and related enzymes. *Dalton Transactions*, v. 42, n. 9, p. 3029- 3042, 2013.

**Hungria, M., M.A NOGUEIRA. 2013.** Efeitos da coinoculação. *Cultivar Grandes Culturas*, Pelotas-RS. 170: 40-41.

**Hungria, M., M.A. NOGUEIRA., R.S ARAUJO. 2013.** Coinoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. *Biology Fertility of Soils*, Amsterdam. 49: 791-801.

**Hungria, M. et al. 2005.** The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America, p. 25-42. In: Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment. Springer, Dordrecht. p. 25-42.

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, 2015.

**Ihsan, M., Yang, L., Ahmad, S., Farooq, S., Al-Ghamdi, A. A., Khan, A., Zeeshan, M., Elshikh, M. S., Abbasi, A. M. & Zhou, X. 2022.** "Nitrogen Fertilizer Modulates Plant Growth, Chlorophyll Pigments and Enzymatic Activities under Different Irrigation Regimes" *Agronomy* 12; 4: 845.

**Inukai, S., Sato, K. & Shimizu, S. 1977.** The Relationship of Cobalt Requirement to Vitamin B<sub>12</sub>-dependent Methionine Synthesis in *Rhizobium meliloti*, *Agricultural and Biological Chemistry*; 41, p. 2229–2234.

**Lauschner, H., Gault, R. R. & Brockwell, J. 2023.** Studies on seed pelleting as an aid to legume inoculation. 5.Effects of incorporation of molybdenum compounds in the seed pellet on inoculation survival, seedlings nodulation and plant growth of Lucerne and subterranean clover. *Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, Melbourne, 20: p. 63-71.

**Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang, Q., Zhang, X. & Wu, X, 2018.** Factors Influencing Leaf Chlorophyll Content in Natural Forests at the Biome Scale. *Front. Ecol. Evol*; 6: 64.

**Kaiser, B. N., Gridley, K. L., Brady, J. N., Phillips, T., Tyerman, S. D. 2005.** The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production, *Annals of Botany*; 96, p. 745–754

**Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2th. New York: Academic Press, Alemanha, 889p.

**Mengel, K., E.A KIRKBY. 2001.** Principles of plant nutrition. 5 th edn. Dordrecht: Academic Publishers, Kluwer, 849p.

**Moraes, W. B., Martins Filho, S., Garcia, G. O., Caetano, S. P., Moraes, W. B., Cosmi, F. C. 2010.** Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. *IDESIA (Chile)*; 28:1.

**Moura, J. Z., Pádua, L. E. M., Moura, S. G., Torres, J. S., Silva, P. R. R. 2010.** Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-comum. *Revista Caatinga*, Mossoró, 25: p. 66-71.

**Pereira, C.S. et al. 2016.** Diferentes vias, formas e doses de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja. *Global science and technology*, Cuiabá, 09: 56-57.

**Ronquim, Carlos Cesar.** Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais / Carlos Cesar Ronquim. - 2.ed. - Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p.: il. ; (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Territorial, ISSN 1806-3322; 35).

**Roychoudhury, A. & Chakrabort, S. 2022.** Cobalt and molybdenum: Deficiency, toxicity, and nutritional role in plant growth and development. *Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change*, Elsevier; p. 255-270

**Salvadori, J. R. et al. 2016.** Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 41: 113-120.

**Santos, D. M. S., Bush, A., Silva, E. R., Zuffo, A. M. & Steiner, F. 2017.** Bactérias fixadoras de nitrogênio e molibdênio no cultivo do amendoim em solo do Cerrado. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS; 4, p. 84-92.

**Silveira, P. S., Peixoto, C. P., Santos, W. J., Santos, I. J., Passos, A.R., Bloisi, A. M. 2011.** Teor de proteína e óleo de amendoim em diferentes épocas de semeadura e densidade de plantas. Revista da FZVA. Uruguaiana, v.18, n.1, p.34-45.

**Stecca J.D.L., T.N. Martin, A.D.C. Lúcio, E.A. Deak, G.M. Fipke & L.A. Bruning. 2019.** Inoculation of soybean seeds coated with osmoprotector in different soil pH's. Acta Scientiarum. Agronomy 41.

**Swoczyna, T., Kalaji, H. M., Bussotti, F., Mojski, J. & Pollastrini, M. 2022.** Environmental stress - what can we learn from chlorophyll *a* fluorescence analysis in woody plants? A review. *Front. Plant Sci.* 13:1048582.

**Tahir, M., Mirza, M. S., Zaheer, A., Dimitrov, M. R., Smidt, H. & Hameed, S. 2013.** Isolation and identification of phosphate solubilizer *Azospirillum*, *Bacillus* and *Enterobacter* strains by 16S rRNA sequence analysis and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Crop Science; 7: 1284-1292

**Teixeira, F.M.C.M. et al. 2017.** Inoculation with *Bradyrhizobium* sp. and *Azospirillum brasilense* Associated with Application of Cobalt and Molybdenum on Nutrition and Soybean Yield. Soybean: The Basis of Yield, Biomass and Productivity, Croácia. 63 -73p.

**Thies, J. E, P. W. SINGLETON, B.B. BOHLOOL. 1991.** Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. Applied and Environmental Microbiology, Amsterdam. 57: 19- 28.

**Vasconcelos, F. M. et AL. 2015.** Adaptabilidade e estabilidade de genótipos eretos de amendoim cultivados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. Ciencia rural, Santa Maria, v.45, n8, p.1375-1380.