

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 12/01/2028.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA

**MANEJO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM FEIJÃO-COMUM ASSOCIADA À
MICRORGANISMOS BENÉFICOS POR MEIO DE OBSERVÂNCIAS DO
CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL**

Ilha Solteira – SP

Janeiro de 2026

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA

**MANEJO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM FEIJÃO-COMUM ASSOCIADA À
MICRORGANISMOS BENÉFICOS POR MEIO DE OBSERVÂNCIAS DO
CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira – SP, para obtenção do título de Mestra em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal (Ecofisiologia, técnicas especiais e manejo cultural em sistema de produção)

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Coorientadora: Prof^a Dr^a. Nayara Fernanda Siviero Garcia

Ilha Solteira – SP

Janeiro de 2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L961m Luna, Barbara Nairim Ceriani de.
Manejo de adubação nitrogenada em feijão-comum associada à microrganismos benéficos por meio de observâncias do clorofilômetro portátil / Barbara Nairim Ceriani de Luna. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
120 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Vegetal (Ecofisiologia, Técnicas especiais Manejo cultural em sistema de produção), 2026

Orientador: Orivaldo Arf

Coorientador: Nayara Fernanda Siviero Garcia

Inclui bibliografia

1. *Phaseolus vulgaris* L.. 2. Fisiologia. 3. Coinoculação. 4. Clorofilômetro Portátil. 5. Custo operacional.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Os microrganismos benéficos atualmente estão em grande ascensão no mercado agrícola. Existem diversos grupos e estirpes de bactérias que podem aumentar a eficiência de produtividade do feijoeiro ao mesmo tempo que contribui para a qualidade e saúde do solo, além de proporcionar economia com insumos agrícolas que são prejudiciais ao meio ambiente em doses exacerbadas. O uso do clorofilômetro portátil vem para contribuir no potencial produtivo da lavoura, auxiliando na tomada de decisão sobre o uso dos fertilizantes nitrogenados. Torna-se evidente que o manejo do nitrogênio e o uso de inoculantes podem auxiliar no caminho de uma agricultura mais sustentável, alinhando a agricultura à campo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis e o Plano ABC estabelecidos no país, gerando alimentos de baixo impacto ambiental e social.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Beneficial microorganisms are currently booming in the agricultural market. There are several groups and strains of bacteria that can increase the productivity efficiency of bean plants while contributing to soil quality and health, in addition to providing savings on agricultural inputs that are harmful to the environment in excessive doses. The use of a portable chlorophyll meter contributes to crop production potential, assisting in decision-making regarding the use of nitrogen fertilizers. It is clear that nitrogen management and the use of inoculants can contribute to more sustainable agriculture, aligning agriculture with the Sustainable Development Goals and the ABC Plan established in the country, generating food with low environmental and social impact.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Manejo de adubação nitrogenada em feijão-comum associada à microrganismos benéficos por meio de observâncias do clorofilômetro portátil

AUTORA: BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA

ORIENTADOR: ORIVALDO ARF**COORIENTADORA:** NAYARA FERNANDA SIVIERO GARCIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ORIVALDO ARF**
Data: 12/01/2026 16:15:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. ORIVALDO ARF (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira - FEIS

Ativar o Wi
Acesse Config

Documento assinado digitalmente
 **LILIANE SANTOS DE CAMARGOS**
Data: 12/01/2026 16:43:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. LILIANE SANTOS DE CAMARGOS (Participação Virtual)

Departamento de Biologia e Zootecnia / UNESP / Câmpus de Ilha Solteira - FEIS

Documento assinado digitalmente
 **EVERLON CID RIGOBELLO**
Data: 12/01/2026 17:16:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. EVERLON CID RIGOBELLO (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Jaboticabal - FCAV

Ilha Solteira, 12 de janeiro de 2026.

Dedico este trabalho à minha família: Mirian Ceriani, David César Nogueira de Luna e Kauan Augusto Ceriani de Luna (mãe, pai e irmão), que sempre me apoiaram e ao José Vinícius Tamboreli Rodrigues pelo companheirismo e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por ter me dado saúde e condições para cumprir mais uma etapa profissional da minha vida. Aproveito para agradecer todos que passaram e ainda continuam em minha vida pessoal e profissional, onde eram minhas distrações em momentos difíceis.

Aos meus familiares David César Nogueira de Luna (pai), Mirian Ceriani (mãe) e Kauan Augusto Ceriani de Luna (irmão), meus mais sinceros agradecimentos por todo apoio, incentivo, zelo e amor. Também ao meu parceiro José Vinícius Tamboreli Rodrigues pelo companheirismo, paciência, todo suporte incondicional e por ser meu porto seguro.

Meu muito obrigada ao professor Dr. Orivaldo Arf pela orientação, paciência e amizade que tivemos durante minha graduação e mestrado, por 5 anos me orientando com destreza e sabedoria, um grande exemplo de profissional apaixonado pelo que faz, por sua dedicação, empenho, meticulosidade e qualidade impecável.

As minhas amigas Luana Covre, Milleny Salles que compartilhamos nossos momentos desde a graduação, quanto a pós-graduação, na qual todas estamos passando por essa fase juntas, por sempre me oferecem seus ombros amigo. Aos amigos que conquistei durante minha caminhada profissional: Fernando de Souza Buzo, Nelson Câmara, Jussara Salles, César Seleguin e minha coorientadora Nayara Fernanda Siviero Garcia por me ajudarem em situações que não sabia solucionar, como algumas análises, e toda “Equipe Arf”, pela ajuda constante na fazenda.

Aos professores do campus de Ilha Solteira – SP, que desde a graduação foram como um guia, em especial para os docentes do programa de pós-graduação em Agronomia (PPGA), pelas conversas, ensinamentos, apoio, discernimento e construção para eu ser uma pessoa mais preparada profissionalmente. Principalmente ao professor Dr. Edson Lazarini que desde a graduação me mostrou como tratar as pessoas de forma correta e cordial, ao professor Dr. Everlon Cid Rigobelo pela obtenção das bactérias benéficas, sendo essencial para dar início à pesquisa, ao prof. Dr. Omar Sabbag pelo total auxílio para a condução do Capítulo 5, de análise de custo operacional, a professora Dr. Liliane de Camargos e as suas orientadas Mayara Olivio e Beatriz Silvério pelo auxílio e assistência no laboratório de fisiologia vegetal, estando dispostas não só a realizarem o trabalho em grupo, mas também me ensinarem de forma clara alguns processos que eram necessários se entender, para a construção do Capítulo 4.

Aproveito para reconhecer e agradecer o trabalho de todo corpo de funcionários do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), desde a secretária Mírian Santos, quanto aos funcionários do laboratório, em especial ao Fábio Moraes do laboratório de sementes, pela amizade e por toda ajuda, onde quando achei que não ia dar conta, me incentivou e me ajudou arduamente.

Meus profundos agradecimentos aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Unesp de Ilha Solteira – SP, localizada em Selvíria, que se dedicaram intensamente em me ajudar com as análises a campo e principalmente na condução do experimento (irrigação, pulverizações e colheita).

Ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), programa de demanda social (DS), por conceder a bolsa que sem ela nada disso seria possível de se concretizar.

Obrigada a todos!

“Só se pode vencer a natureza obedecendo-lhe”.

(Francis Bacon)

RESUMO

O *Phaseolus vulgaris* L. é cultivado em todo o mundo, sendo importante para a nutrição humana e animal. As bactérias benéficas em conjunto com sistema plantio direto e a busca de manejos para reduzir a adubação nitrogenada vêm se tornando importante, obtendo um sistema solo-planta saudável. O objetivo do projeto foi avaliar o manejo e efeito nos parâmetros agrícolas do feijoeiro de inverno, associado a (co)inoculação de microrganismos benéficos, com análise econômica e a eficiência do clorofilômetro portátil, em SPD consolidado, na região de Cerrado. O experimento foi desenvolvido em fazenda experimental, com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, semeado no início de maio de 2024. O delineamento foi em blocos casualizados, com 4 repetições e esquema fatorial 8 x 2: ([T₁] controle sem N em cobertura; [T₂] metade do N; [T₃] tratamento referência (200 kg ha⁻¹ de N); [T₄] adubação de N recomendada (120 kg ha⁻¹ de N); [T₅] *Azospirillum brasilense* via foliar; [T₆] *Nitrospirillum amazonense* via foliar; [T₇] *Priestia aryabhattai* via foliar; [T₈] *Bacillus subtilis* via foliar) - as bactérias via foliar só receberam 20 kg ha⁻¹ N quando indicou ISN < 90. Com ausência ou presença de *Rhizobium tropici*. O objetivo foi avaliar o manejo, associado a inoculação e coinoculação de bactérias benéficas, com análise econômica e a eficiência do clorofilômetro portátil, em SPD consolidado, na região de Cerrado, no cultivar IAC 2051. A coinoculação auxilia no desenvolvimento e produção do feijoeiro. No quesito fisiologia as BPCPs destaques foram o *B. subtilis*, *N. amazonense* e *P. aryabhattai*. O monitoramento através do clorofilômetro portátil evitou uso excessivo com fertilizantes nitrogenados. Altas doses de fertilizantes nitrogenados resulta em consumo de luxo e custos altos. Há economia no custo operacional com o manejo integrado das agrotecnologias.

Palavra-chave: *Phaseolus vulgaris* L., fisiologia, coinoculação, clorofilômetro portátil, custo operacional.

MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION IN COMMON BEANS ASSOCIATED WITH BENEFICIAL MICROORGANISMS THROUGH OBSERVATIONS WITH A PORTABLE CHLOROPHYLL METER

ABSTRACT

Phaseolus vulgaris L. is cultivated worldwide and is important for human and animal nutrition. Beneficial bacteria, together with no-till farming and the search for ways to reduce nitrogen fertilization, are becoming increasingly important in achieving a healthy soil-plant system. The objective of the project was to evaluate the management and effect on the agricultural parameters of winter beans, associated with (co)inoculation of beneficial microorganisms, with economic analysis and the efficiency of the portable chlorophyll meter, in consolidated no-till, in the Cerrado region. The experiment was conducted on an experimental farm, with soil classified as Latossolo Vermelho Distrófico típico, sown in early May 2024. The design was randomized blocks, with 4 replicates and an 8 x 2 factorial scheme: ([T₁] control without N topdressing; [T₂] half the N; [T₃] reference treatment (200 kg ha⁻¹ of N); [T₄] recommended N fertilization (120 kg ha⁻¹ of N); [T₅] *Azospirillum brasilense* via foliar application; [T₆] *Nitrospirillum amazonense* via foliar application; [T₇] *Priestia aryabhattai* via foliar application; [T₈] *Bacillus subtilis* via foliar application) - bacteria via foliar application only received 20 kg ha⁻¹ N when ISN < 90 was indicated. With or without *Rhizobium tropici*. The objective was to evaluate the management, associated with inoculation and co-inoculation of beneficial bacteria, with economic analysis and the efficiency of the portable chlorophyll meter, in consolidated no-till, in the Cerrado region, in the IAC 2051 cultivar. Co-inoculation aids in the development and production of the bean plant. In terms of physiology, the most notable PGPBs were *B. subtilis*, *N. amazonense*, and *P. aryabhattai*. Monitoring using a portable chlorophyll meter prevented excessive use of nitrogen fertilizers. High doses of nitrogen fertilizers result in wasteful consumption and high costs. Integrated management of agricultural technologies leads to savings in operating costs.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., physiology, co-inoculation, portable chlorophyll meter, operating cost.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Resultados da análise química de solo da área experimental na camada de 0 a 0,20 m, referente a março de 2024 (antes da implantação da cultura). Selvíria – MS, 2024.....	34
Tabela 2.2. Métodos de multiplicação dos microrganismos utilizados.....	35
Tabela 2.3. Valores médios para população final e inicial (plantas ha ⁻¹) de feijoeiro, para a cultivar IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	39
Tabela 2.4. Valores médios para vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem, para cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	40
Tabela 2.5. Valores médios para massa de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha ⁻¹), para cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	41
Tabela 2.6. Valores médios para peneiras de crivos oblongos de diferentes tamanhos dado em porcentagem, para cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	42
Tabela 2.7. Valores médios para o índice de clorofila foliar dos 14 aos 49 DAE, para cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	43
Tabela 2.8. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para o ICF aos 49 DAE, para a cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	43
Tabela 3.1. Valores médios para massa seca (g planta ⁻¹) e N foliar (g kg ⁻¹), para cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	61
Tabela 3.2. Valores médios para os macronutrientes na parte aérea (N, P, K, Ca, S, Mg) em g kg ⁻¹ , para cultivar IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	62
Tabela 3.3. Valores médios para acúmulo de macronutrientes na parte aérea (N, P, K, Ca, S, Mg) em g planta ⁻¹ , para cultivar IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	63
Tabela 3.4. Valores médios para N no grão (g planta ⁻¹) e proteína bruta - PB - no grão (%), para cultivar IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	64
Tabela 4.1. Valores médios de clorofila A, B e Total (mg g ⁻¹ MF), feofitina e carotenoides (mg g ⁻¹ MF), na cultura do feijão de inverno, cultivar IAC 2051. Selvíria - MS, 2024.....	79
Tabela 4.2. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para clorofila A (mg g ⁻¹ MF), no cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	80
Tabela 4.3. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para clorofila B (mg g ⁻¹ MF), no cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	80

Tabela 4.4. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para clorofila total (mg g ⁻¹ MF), no cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	81
Tabela 4.5. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para feofitina, no cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	81
Tabela 4.6. Valores médios de nitrato (μmol g ⁻¹ FW), amônia (μmol g ⁻¹ FW), proteína (mg g ⁻¹ FW) e aminoácidos (μmol g ⁻¹ FW) na cultura do feijão de inverno, cultivar IAC 2051. Selvíria - MS, 2024.....	82
Tabela 4.7. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para amônia (μmol g ⁻¹ FW), no cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	82
Tabela 4.8. Valores médios de ácido alantóico (μmol g ⁻¹ DW) e alantoína (μmol g ⁻¹ FW) na cultura do feijão de inverno, cultivar IAC 2051. Selvíria - MS, 2024.....	83
Tabela 4.9. Valores médios do desdobramento da interação do manejo de N com ou sem inoculação de <i>R. tropici</i> para ácido alantóico (μmol g ⁻¹ DW), no cultivar de feijão IAC 2051. Selvíria – MS, 2024.....	83
Tabela 5.1. Estimativa do custo operacional por hectare, obtido na cultura do feijão-comum IAC 2051, em função de cada manejo de N. Selvíria – MS, 2024.....	100
Tabela 5.2. Indicadores de rentabilidade do feijão-comum IAC 2051, em função do manejo de N em cobertura com o uso de leituras do clorofilômetro portátil e biopromotores. Selvíria – MS, 2024.....	101
Tabela S1. Médias e ISN calculados através de repetições no campo, com feijoeiro IAC 2051. Selvíria – MS.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Precipitação pluvial média (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar média (%), coletados no período de execução do experimento.....	33
Figura 3.1. Imagem de satélite da área experimental em 05 de abril de 2023. Selvíria – MS.....	57
Figura 5.1. Custo Operacional Total (COT) e Índice de Lucratividade (IL), de acordo com os tratamentos estudados pelo manejo de N e biopromotores. Selvíria – MS, 2024.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>R. tropici</i>	<i>Rhizobium tropici</i>
<i>A. brasilense</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>
<i>B. subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
<i>P. aryabhattai</i>	<i>Priestia aryabhattai</i>
<i>N. amazonense</i>	<i>Nitrospirillum amazonense</i>
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
ICF	Índice de clorofila
ISN	Índice de suficiência de nitrogênio
FBN	Fixação biológica de nitrogênio
SPD	Sistema Plantio Direto
COT	Custo Operacional Total
COE	Custo Operacional Efetivo
RB	Receita bruta
LO	Lucratividade Operacional
IL	Índice de Lucratividade
PE	Preço econômico
ProE	Produtividade econômica

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1: Introdução Geral.....	17
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
1.1.1 Feijoeiro no Brasil	19
1.1.2 <i>Rhizobium tropici</i> e a FBN	20
1.1.3 Bactérias promotoras de crescimento de plantas	22
1.1.4 Coinoculação do rizóbio com diferentes BPCPs	23
1.1.5 Diagnose do status do N	24
REFERÊNCIAS	26
2. CAPÍTULO 2: Estratégias integradas para a redução de adubos nitrogenados em feijão de inverno com uso do clorofilômetro portátil e bactérias benéficas	30
RESUMO.....	30
2.1 INTRODUÇÃO	31
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.2.1 Área experimental.....	33
2.2.2 Delineamento experimental e obtenção dos biológicos	34
2.2.3 Condução do experimento	35
2.2.4 Avaliações e análise estatística	38
2.3 RESULTADOS	39
2.3.1 População inicial e final de plantas	39
2.3.2 Componentes de produção e produtividade.....	40
2.3.3 Teste de peneiras	41
2.3.4 Índice de clorofila.....	42
2.4 DISCUSSÃO	44
2.4.1 População inicial e final de plantas	44
2.4.2 Componentes de produção e produtividade.....	44
2.4.3 Teste de peneiras	46

2.4.4 Índice de clorofila foliar	47
2.5 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	48
3. CAPÍTULO 3: Eficiência do clorofilômetro portátil simultaneamente com bactérias benéficas nas concentrações de nutrientes	54
RESUMO.....	54
3.1 INTRODUÇÃO	55
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	56
3.2.1 Área experimental.....	56
3.2.2 Delineamento experimental e obtenção de biológicos	57
3.2.3 Condução do experimento	58
3.2.4 Avaliações e análise estatística	60
3.3 RESULTADOS	61
3.3.1 Massa seca e N foliar.....	61
3.3.2 Teores de macronutrientes e acúmulo	62
3.3.3 PB e N no grão.....	64
3.4 DISCUSSÃO	65
3.4.1 Massa seca e N foliar.....	65
3.4.2 Teores de macronutrientes e acúmulo	66
3.4.3 PB e N no grão.....	67
3.5 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS	68
4. CAPÍTULO 4: Respostas fisiológicas e índices de clorofila no feijoeiro em função da coinoculação e da suplementação nitrogenada monitorada	73
RESUMO.....	73
4.1 INTRODUÇÃO	74
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	75

4.2.1 Área experimental.....	75
4.2.2 Delineamento experimental e aquisição dos biológicos.....	76
4.2.3 Condução do experimento	76
4.2.4 Avaliações e análise estatística.....	78
4.3 RESULTADOS	79
4.4 DISCUSSÃO	84
4.5 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS	87
5. CAPÍTULO 5: Análise econômica do manejo de nitrogênio com clorofilômetro em conjunto com biopromotores no feijão de inverno no Cerrado	92
RESUMO.....	92
5.1 INTRODUÇÃO	93
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	94
5.2.1 Área experimental.....	94
5.2.2 Delineamento experimental e obtenção dos biológicos.....	95
5.2.3 Condução do experimento	96
5.2.4 Avaliações	98
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
5.4 CONCLUSÃO.....	104
REFERÊNCIAS	104
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
MATERIAL SUPLEMENTAR	109
APÊNDICE A – Fotos do experimento	110

1. CAPÍTULO 1: Introdução Geral

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2022) cita que a população mundial em 2050 chegará a 9,7 bilhões. Em vista da segurança alimentar e sustentabilidade, é necessário que o Brasil como sendo um dos maiores produtores agrícolas esteja de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), permitindo com que os sistemas agrícolas satisfaçam a crescente demanda por alimento traçando estratégias que contribua para o meio ambiente e para o sistema solo, como a prática do SPD e diferentes fontes nutricionais benéficas ao solo-planta, tal qual a biotecnologia que vem sendo bastante difundida (Stagnari, 2017; FAO, 2017).

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertencente à família Fabaceae é uma leguminosa, seus frutos são em forma de vagem e seus grãos oferta fontes de proteínas, fibras e vitaminas para uma alimentação equilibrada. Sendo um prato típico e acessível de muitos brasileiros, atualmente o feijão representa a principal fonte de proteína vegetal, ao lado do arroz (Araujo, 1994; Coêlho, 2018; Ministério da saúde, 2022), mas não apenas para consumo humano, como também fonte de proteína para os animais (Stagnari *et al.*, 2017).

Existem diversos cultivares de feijão, agradando diversos públicos. De acordo com a CONAB (2025), a região Centro-Oeste se destaca no cultivo de feijão irrigado (3ª safra), com produção média de 387,8 mil ton. colhida em 143,4 mil ha, obtendo uma das maiores produtividades das regiões com 2.704 kg ha⁻¹, enquanto a área do Brasil totalizou uma produtividade de 1.724 kg ha⁻¹, na safra 24/25.

Em meados da década de 1970 o cultivo do feijoeiro no Brasil era baseado em técnicas rudimentares, não possuía alternativas sustentáveis para evitar a degradação do solo e do meio ambiente, com o passar dos anos a agricultura começou a visar a sustentabilidade, pois os recursos naturais poderiam se esgotar (Moreira, 2023). Portanto, o uso de tecnologias se faz presente nas lavouras, contribuindo para a preservação e sustentabilidade, como o uso de palhada, rotação de cultura, cultivo mínimo, adubos verdes, bactérias de crescimento e fixadoras de nitrogênio, entre outras, englobando uma área maior denominado sistema plantio direto (SPD).

A maioria dos solos brasileiros são bastantes intemperizados - classificados como Latossolos -, não possuindo fertilidade natural adequada. Para o feijoeiro o uso de fertilizantes nitrogenados é bastante importante para todo o ciclo da planta, pois a cultura possui promiscuidade simbiótica (nodulando bactérias nativas do solo que muitas vezes são ineficientes) e os nódulos ativos tendem a decair sua atividade até o período reprodutivo, sendo assim é necessário a suplementação com fertilizante. Portanto, os fertilizantes nitrogenados por

serem muito demandados, faz com que agricultores por muitas vezes utilizem de uso indiscriminado, corroborando para a degradação do meio ambiente, além de elevar os custos operacionais de produção (Sousa, 2020).

A inoculação de bactérias para a fixação biológica de nitrogênio (FBN) reduz custos de fertilizantes e melhora a saúde do solo e da microbiota, as bactérias mais conhecidas de leguminosas são do gênero *Rhizobium* spp., segundo Malavolta (1987), elas conseguem fixar de 20 a 30% de nitrogênio (N) que a cultura do feijoeiro exige.

Além disso, outras tecnologias aplicadas em campo têm demonstrado boa rentabilidade aos produtores, como a coinoculação, utilizando da FBN juntamente com bactérias promotoras de crescimento, aumentando a disponibilidade de nutrientes, e, consequentemente, viabilizando o incremento da produtividade nas lavouras (Mortinho *et al.*, 2022).

Ademais, o advento do clorofilômetro portátil também ampliou o controle dos produtores sobre o estado nutricional das plantas, uma vez que o aparelho permite leituras no trifólio da planta, determinando indiretamente o Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), revelando se há necessidade de aplicação de N em cobertura (Maia, 2014; Barbosa Filho *et al.*, 2008; Silveira, 2003).

Em suma, com a criação de novas agrotecnologias, o agricultor economiza em operações e nos altos custos de fertilizantes nitrogenados, a aplicabilidade de biotecnologias com bactérias diazotróficas de forma inoculada e coinoculada são importantes para a sustentabilidade, juntamente com o auxílio do monitoramento com clorofilômetro portátil, pois sem o uso do aparelho as aplicações de N em cobertura podem ser feitas de forma exacerbada e na época errada, danificando a saúde do solo e do meio ambiente, findando os recursos naturais.

Neste sentido, as hipóteses testadas foram:

- As bactérias *Azospirillum brasilense*, *Nitrospirillum amazonense*, *Priestia aryabhattai* e *Bacillus subtilis*, podem auxiliar no desenvolvimento do feijoeiro, e, quando coinoculadas com o *Rhizobium tropici* auxiliam o fornecimento de N, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados nos componentes agronômicos;
- O monitoramento por meio de leituras do clorofilômetro portátil, pode ser preciso para a indicação correta do manejo e época de N em cobertura no feijoeiro;
- Há economia no uso de fertilizantes quando se adota o uso de inoculação ou coinoculação em sistema plantio direto, especialmente com apoio do clorofilômetro portátil.

clorofila na planta, uma vez que o N é um elemento essencial para o maquinário fotossintético de qualquer planta, na qual a realização de leitura torna-se uma forma econômica (Carvalho *et al.*, 2012; Maia, 2014).

Portanto, Barbosa Filho *et al.* (2008) e Maia (2014) estabeleceram uma área referência com dose alta a ser aplicada (1,8 a 2,0 vezes maior que a dose recomendada), para obter a concentração saturada de clorofila na planta e conseguir determinar o índice de suficiência de N (ISN) nas áreas adjacentes, deliberando que a época adequada de aplicar N na planta é toda vez que o ISN der o seu valor menor que 90% no SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), onde os autores obtiveram valores significativos com o uso do medidor portátil. O aparelho funciona a partir de um comprimento de onda de luz que varia entre 650 nm a 940 nm pela transmitância (luz que atravessa a folha), medindo assim a concentração de clorofila (Nunes *et al.*, 2003).

Maia *et al.* (2012) explicam que a escolha do valor de ISN maiores que 90%, definida como padrão, indica aplicação de maiores doses de N e diminui a eficiência do adubo, correlacionando ao custo e consumo de luxo que a planta pode levar a ter sem necessidade, proporcionando economia no N aplicado quando relacionado a 90%. De acordo com a metodologia de Maia *et al.* (2013), o cálculo foi baseado de acordo com as medidas dos valores das leituras dos tratamentos (LT), pelo tratamento referência (LR), definido no presente trabalho no T3. Assim, os resultados estão no material suplementar (Tabela S1), com a fórmula do cálculo apresenta-se como:

$$\text{ISN (\%)} = (\text{LT} / \text{LR}) \times 100 \quad (1)$$

Já para o estabelecimento da folha diagnose a ser medida pelo clorofilômetro, Maia (2014) concluiu que no estágio inicial da cultura a segunda e a terceira folha completamente expandida em relação ao ápice em estágio avançados resultam em melhores valores para a leitura do clorofilômetro.

O manejo inadequado provoca falha na economia do produtor, na tentativa de não decair a produtividade da planta, fazendo o uso excessivo de adubação nitrogenada, sem saber a época correta de se aplicar, além de prejudicar o meio ambiente com as aplicações demasiadas e inapropriadas (Silveira e Ferreira, 2016; Carvalho *et al.*, 2012; Maia, 2014).

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; ADIL Z.; HUSSAIN, A.; MUMTAZ, M. Z.; NAFEES, M.; AHMAD, I.; JAMIL, M. *Potential of phosphate solubilizing bacillus strains for improving growth and nutrient uptake in mungbean and maize crops*. **Pak. J. Agri. Sci.**, v. 56, p. 283-289, 2019.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. *Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective*. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>.
- ALVES, K. C. S. *Bacillus subtilis: uma versátil ferramenta biotecnológica*. **Scientia Amazonia**, Revista Online, v. 2, n. 2, p. 15-23, mar. 2018.
- ARAUJO, R. S. Fixação Biológica de Nitrogênio em Feijão. **In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA M. (EDs). Microrganismos de importância agrícola. EMBRAPA, Brasília – DF, p. 91-120, 1994.**
- BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. **Infobibos**, Artigos v. 4, n. 1, p. 2012, 2008.
- BARBOSA FILHO, M. P. COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciência Rural – Santa Maria**, v. 38, n. 7, p. 1843-1848, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000700007>.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: **2012-2014**. Brasília, DF: **Embrapa Arroz e Feijão**, v. 272, 2012.
- BOMFIM, C. A.; COELHO, L. G. F.; VALE, H. M. M.; MENDES, I. C.; MEGIAS, M.; OLLERO, F. J.; JÚNIOR, F. B. R. Breve história dos biofertilizantes no Brasil: das abordagens convencionais às novas soluções biotecnológicas. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, p. 2215–2232, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00618-9>.
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; BEZERRA, L. M. C. A planta e o grão de feijão e as formas de apresentação aos consumidores. **In: BARRIGOSI, J. A. F.; FERREIRA C. M. (Eds). Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar. EMBRAPA: Arroz e Feijão, Brasília – DF, p. 101-116, 2021.**
- CARVALHO, M. A. F.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro. **Sindalc**, 2012.
- COÊLHO, J. D. Produção de grãos–feijão, milho e soja. Fortaleza: **Banco do Nordeste do Brasil**, ano 3, n. 51, 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: **safra 2024/25: oitavo levantamento**. Brasília, DF: Conab, v. 7., 2024. Disponível em: < <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/8o-levantamento-safra-2024-25>>. Acesso em: 17 mai. de 2025.

EMBRAPA. Fixação Biológica de Nitrogênio. Nota técnica. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acesso em: 04 fev. 2025.

FAO. *Water for Sustainable Food and Agriculture: a report produced for the G20 Presidency of Germany*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2017.

FILIPINI, L. D.; PILATTI, F. K.; MEYER, E.; VENTURA, B. S.; LOURENZI, C. R.; LOVATO, P. E. *Application of Azospirillum on seeds and leaves, associated with Rhizobium inoculation, increases growth and yield of common bean*. *Archives of Microbiology*, v. 203, p. 1033–1038, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02092-7>.

GARÉ, L. M. Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado. **Repositório UNESP**, 2020.

GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; SOUZA, A. K. P.; BULEGON, L. G.; OFFEMANN, L. C.; INAGAKI, A. M. Bactérias promotoras de crescimento vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações. *In.*: ZAMBOM, M.A.; KUHN, O.J.; SILVA, N.L.S.; STANGARLIN, J.R.; NUNES, R.V.; FULBER, V.M.; EYNG, C. (Org.). Ciências Agrárias: ética do cuidado, legislação e tecnologia na agropecuária. Marechal Cândido Rondon: **UNIOESTE**, p. 192-212, 2017.

HAGN, Jaqueline. Fixação biológica de nitrogênio em feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2021.

HERNÁNDEZ, G.; VALDÉS-LÓPEZ, O.; RAMÍREZ, M.; GOFFARD, N.; WEILLER, G.; APARICIO-FABRE, R.; FUENTES, S. I.; ERBAN, A.; KOPKA, J.; UDVARDI, M. K.; VANCE, C. P. *Global Changes in the Transcript and Metabolic Profiles during Symbiotic Nitrogen Fixation in Phosphorus-Stressed Common Bean Plants*. *Plant Physiology*, v. 151, issue 3, p. 1221–1238, 2009. <https://doi.org/10.1104/pp.109.143842>

KUBOTA, F. Y. *et al.* Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1635–1641, 2008. ISSN 0100-0683.

LIMA, B. C.; BONIFACIO, A.; NETO, F. A.; ARAUJO, F. F.; ARAUJO A. S. F. *Bacillus subtilis* rhizobacteria ameliorate heat stress in the common bean. *Rhizosphere*, v. 21, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100472>.

MAGALHÃES, I. D. P. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; SILVA, F. D. B. D.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; LOPES, I. P. C. Produtividade e exportação de nutrientes em feijão-vagem adubado com esterco de galinha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 1, p. 98-107, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010014>

MARTINS, S. A. Desenvolvimento do feijão-comum tratado com *Bacillus subtilis*. Lavras – MG, Tese Mestrado – **Editora UFLA**, 2013.

MAIA, S. C. M.; SORATTO, R. P.; NASTARO, B.; FREITAS, L. B. *The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 183-192, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100019>.

MAIA, S. C. M. Critérios para o manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijão utilizando clorofilômetro portátil. **Repositório UNESP**, 2014.

MALAVOLTA, E. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, p. 102-147, 1987.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Caminhos da Comida de Verdade: o feijão é o grão mais famoso do Brasil, **Gov.br**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-quero-me-alimentar-melhor/noticias/2022/caminhos-da-comida-de-verdade-o-feijao-e-o-grao-mais-famoso-do-brasil>>. Acesso em: 20 abr. de 2024.

MOREIRA, S. G.; HOOGENBOOM, G.; NUNES, M. R.; MARTIN-RYALS, A. D.; SANCHEZ, P. A. *Circular agriculture increases food production and can reduce N fertilizer use of commercial farms for tropical environments*. **Science of the Total Environment**, v. 879, p. 163031, 2023.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. **Editora UFLA - Lavras**, ed. 2, p. 729, 2006,

MORTINHO, E. S.; JALAL, A.; OLIVEIRA, C. E. S.; FERNANDES, G. C.; PEREIRA, N. C. M.; ROSA, P. A. L.; NASCIMENTO, V.; DE SÁ, M. E.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. *Co-inoculations with plant growth-promoting bacteria in the common bean to increase efficiency of NPK fertilization*. **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1325, 2022.

NUNES, J. C S.; ARAÚJO, E. F.; SOUZA, C. M.; BERTINI, L. A.; FERREIRA, F. A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 115-126, 2003.

OLIVEIRA, S. L.; FERREIRA, J. S.; BRANDÃO, M. H.; MOREIRA, A. C. S.; CUNHA, W. V. Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo. **Revista do COMEIA**, v. 2, n. 1, 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. População mundial chegará a 8 bilhões em novembro de 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/189756-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-chegar%C3%A1-8-bilh%C3%B5es-em-novembro-de-2022>>. Acesso em: 07 de mai. 2024.

PARK, Y. G.; MUN, B.; KANG, S.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C.; KIM, A.; LEE, S.; OH, K. Y.; LEE, D. Y.; LEE, I.; YUN, B. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0173203, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173203>

RAJENDRAN, G.; FALGUNI, C.; DESAI, A. J.; ARCHANA, G. *Enhanced growth and nodulation of pigeon pea by co-inoculation of Bacillus strains with Rhizobium spp.* **Bioresource Technology**, v. 99, ed. 11, p. 4544 - 4550, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.057>.

RASHAD, Y. M.; EL-SHARWANY, H. H. A.; HAFEZ, M.; BOUROUAH, M.; ABD-ELGAWAD, A. M.; YOUSSEF, M. A. A.; MADBOULY, A. K. *Fostering resistance in common bean: Synergistic defense activation by Bacillus subtilis HE18 and Pseudomonas*

fluorescens HE22 against *Pythium* root rot. **Rhizosphere**, v. 29, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100851>.

OLIVEIRA, S. L.; FERREIRA, J. S.; BRANDÃO, M. H.; MOREIRA, A. C. S.; CUNHA, W. V. Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo. *Revista do COMEIA*, v. 2, n. 1, 2020. GARÉ, L. M. Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado. **Repositório UNESP**, 2020.

ROCHA, T. T. T. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro - restrições e melhoramento: uma revisão de literatura. **Revista Multidisciplinar De Educação E Meio Ambiente**, Fortaleza, v. 2, n. 3, p. 31, 2021.

SILVEIRA, E. B. Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontrole de doenças. In: MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. Proteção de plantas na agricultura sustentável. Recife, **UFRPE**: Imprensa Universitária, p.70-100, 2001.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1083-1087, 2003.

SILVEIRA, P. M.; FERREIRA, E. P. B. Índice de suficiência de nitrogênio determinado pelo clorofilômetro em feijão inoculado com rizóbio e sob adubação nitrogenada. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2016. 16 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.

SOUSA, M. A.; OLIVEIRA, M. M.; DAMIN, V. *Productivity and Economics of Inoculated Common Bean as Affected by Nitrogen Application at Different Phenological Phases*. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1848–1858, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00256-4>

STAGNARI, F.; MAGGIO, A.; GALIENI, A.; PISANTE, M. *Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview*. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, p. 1-13, 2017. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1>

ZILLI, J. É.; ALVES, B. J. R.; ROUWS, L. F. M.; ARAÚJO, J. L. S.; SOARES, L. H. B.; CASSÁN, F.; CASTELLANOS, M. O.; O'HARA, G. A importância da desnitrificação realizada por bactérias fixadoras de nitrogênio utilizadas como inoculantes na América do Sul. **Solo vegetal**, v. 451, p. 5–24, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-019>

2. CAPÍTULO 2: Estratégias integradas para a redução de adubos nitrogenados em feijão de inverno com uso do clorofilômetro portátil e bactérias benéficas

RESUMO

Um dos maiores desafios no feijoeiro é o manejo adequado de nitrogênio (N). O uso de agrotecnologias podem corroborar para atingir a produção de grãos. Assim, objetivou avaliar o manejo do N na cultura do feijão de inverno, associado a (co)inoculação de biopromotores, à redução da adubação nitrogenada, vinculando-a às leituras do clorofilômetro portátil, em Sistema Plantio Direto, no Cerrado. O experimento foi desenvolvido em Selvíria – MS, em Latossolo Vermelho Distrófico típico. O delineamento constituiu-se de blocos casualizados, esquema fatorial 8 x 2, com 4 repetições: [T1] Controle sem N; [T2] Metade da dose de N recomendada; [T3] Tratamento referência; [T4] Adubação recomendada de N; [T5] *Azospirillum brasilense*; [T6] *Nitrospirillum amazonense*; [T7] *Priestia aryabhattai*; [T8] *Bacillus subtilis*. Com e sem inoculação de *Rhizobium tropici*. Os tratamentos com microrganismos só receberam 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura quando leituras do clorofilômetro indicaram Índice de Suficiência de Nitrogênio menor que 90%. A inoculação com *R. tropici* beneficiou a população de plantas e o Índice de Clorofila Foliar, porém, foi inversamente proporcional para produtividade e peneiras. Os manejos de N proporcionaram efeitos semelhantes nos componentes de produção e produtividade. O manejo de N com clorofilômetro influenciou o ICF, porém não influenciou na produtividade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., Índice de Suficiência de Nitrogênio, microrganismos benéficos, manejo, Sistema Plantio Direto.

2.1 INTRODUÇÃO

O feijão de inverno (*Phaseolus vulgaris* L.), também conhecido como feijão de 3ª safra, foi introduzido em meados da década de 1980, difundido para os médios e grandes produtores, detentores do uso de tecnologias, como a irrigação (Binotti *et al.*, 2007). Atualmente o feijão de inverno ocupa uma área de 403,3 mil ha em todo o Brasil (Conab, 2025), geralmente utilizado na rotação de culturas por ser uma cultura de ciclo curto (60 a 95 dias após emergência - DAE).

Caracterizado pelo seu ciclo curto e raízes superficiais, o feijão necessita de nutrientes prontamente disponíveis para serem absorvidos. Segundo estudos feitos por Soratto *et al.* (2013), a exportação de nitrogênio (N) por tonelada no grão é entorno de 25 kg de N, além de ser um nutriente vital para diversos processos metabólicos e componentes de algumas moléculas da planta, como a fotossíntese (Hawkesford *et al.*, 2012). Portanto a época e dose adequada de N para o bom desenvolvimento e maior produtividade de grãos é de suma importância (Soratto *et al.*, 2017).

O suprimento predominante de N no campo ainda continua sendo a acentuada aplicação de fertilizantes nitrogenados, entretanto, o petróleo usado na geração do fertilizante é um recurso esgotável, além de liberar grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases poluentes, quando realizado a queima, contribuindo para o efeito estufa, ademais seu excesso contamina lençóis freáticos, acidifica o solo, reduz a matéria orgânica, conseqüentemente, diminui a biodiversidade no solo (Leal *et al.*, 2019). Nesse sentido, é necessário encontrar alternativas de manejar o N requerido pelas plantas e reduzindo o N mineral.

Dessa forma, algumas práticas de manejo possibilitam reduzir o uso de fertilizantes, como a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), rotação de culturas, adoção de coberturas mortas sobre o solo, e a crescente implementação de biotecnologias, como o mercado de diferentes microrganismos benéficos, que possibilita que a lavoura complete seu ciclo de forma sustentável e eficaz, sem decrescer a produtividade, corroborando para os 2º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), “Fome zero” (Medeiros *et al.*, 2018).

Nesse sentido, a inoculação torna-se eficaz para a redução de fertilizantes e melhora a saúde do solo, tornando-o mais diversificado. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) beneficia o feijoeiro, evita perdas econômicas e problemas ambientais. O *Rhizobium tropici* é a bactéria mais difundida para inoculação em feijoeiro, por ser resistente as condições edafoclimáticas (Hungria; Mendes e Mercante, 2013), capaz de promover uma produtividade

equivalente a doses cheias de N, sendo necessário apenas adubação em cobertura com 20 kg ha⁻¹ N, até as bactérias conseguirem se adaptar para realizar a FBN (Pelegrin *et al.*, 2009).

Ocorrem outros microrganismos benéficos que favorecem a lavoura, sendo bactérias associativas conhecidas como bactérias promotoras de crescimento de plantas - BPCPs - (Hungria; Nogueira; Araujo, 2013). Para o feijão-comum, os microrganismos benéficos conseguem minimizar o uso de adubos e combater diversos patógenos que podem acometer a planta, além de alcançar a produtividade média, devendo ser microrganismos altamente competitivos (Hungria *et al.*, 2000). Dentre esses biopromotores estão o *Azospirillum brasilense*, *Nitrospirillum amazonense*, *Priestia aryabhattai* e *Bacillus subtilis*. Quando coinoculadas com os rizóbios, otimizam o potencial da FBN no feijoeiro, maximizando a absorção de nutrientes, por produzir fitohormônios que estimulam o enraizamento e a massa seca da planta, promovendo maior área para os rizóbios formarem seus nódulos ativos e, consequentemente, aumentar a produtividade (Lopes, 2007).

Assim como o *R. tropici*, o *A. brasilense* e o *N. amazonense* são classificados como bactérias diazotróficas, ajudando na FBN, além de se encaixarem como BPCPs produzindo fitohormônios que colabora para desenvolvimento das raízes em profundidade, melhorando assim a absorção de nutrientes e maior resistência a estresse provocado pelo déficit hídrico, resultando em produtividade de grãos semelhante quando utilizado adubação nitrogenada (Bonassi *et al.*, 2024; Hungria & Nogueira, 2022; Luna, 2023). Já o *P. aryabhattai* é uma bactéria capaz de melhorar a qualidade da planta nos estresses abióticos, como salinidade, altas temperaturas e déficit hídrico, além de produzir fitohormônios (Tripathi, Raikhy & Kumar, 2019). Enquanto o *B. subtilis* permite resultados expressivos na solubilização de fosfato, estimula o metabolismo secundário, é um biocontrole de patógenos e também produz fitohormônios como as outras BPCPs (Buchelt *et al.*, 2019).

Entretanto, os nódulos não ficam ativos em todo o ciclo do feijoeiro, tendendo a decrescer sua atividade, principalmente quando o feijoeiro está entrando no estágio reprodutivo, em vista disso, é necessário ficar atento e acompanhar na lavoura a atividade nitrogenase dos nódulos nas plantas (nódulos vermelhos), para fornecer o N em momentos adequados.

Nesse sentido, o clorofilômetro portátil é um equipamento agrotecnológico, não destrutivo, que indica a época correta de se aplicar o N, por meio de leituras indiretas da clorofila foliar (Garcia, 2021), relacionado ao fato de 50-70% de N presente nas folhas serem componentes dos cloroplastos (Chapman e Barreto, 1997). Em vista disso, as leituras do equipamento retratam o Índice de Clorofila Foliar (ICF), para normalizar essas leituras é com

como exposto neste trabalho. De acordo com Garcia (2021), o ICF auxilia a usar de forma correta a quantidade necessária de N em cobertura ao transformar a cor da folha em uma leitura de números, possibilitando adubar apenas se as médias das leituras der o ISN menor que 90%, refletindo na produtividade, o que se pode observar neste artigo.

Aos 49 DAE percebe-se que o tratamento sem aplicação de N, ou seja, o controle T1, obteve menor média para o ICF, isso é explicado pelo fato de que o N faz parte da molécula de clorofila e sua absorção ou falta proporciona respostas diretas nessa variável (Garcia, 2021). Portanto, no período reprodutivo a planta exige mais desse macronutriente para formação de vagens e grãos, não obstante, nota-se que numericamente não houve uma discrepância alta, isso porque a área está em SPD a mais de 25 anos, com presença de material orgânico e microrganismos nativos do solo que corroboram para esse resultado, liberando de forma gradual o N para a planta através da decomposição da palhada e mineralização da matéria orgânica (Garcia, 2021; Filla *et al.*, 2020).

2.5 CONCLUSÃO

A inoculação com *R. tropici* do feijoeiro beneficiou a população inicial e final de plantas, além do ICF, porém, foi inversamente proporcional para produtividade e peneira de tamanho 12 em condições de plantas afetadas por mosca branca e mosaico dourado.

Os manejos de N proporcionaram efeitos semelhantes nos componentes de produção e produtividade de feijão de inverno em SPD consolidado, independentemente da inoculação com *R. tropici*.

O manejo de N com clorofilômetro influenciou apenas o ICF, indicando de maneira rápida e não destrutiva o teor de N na folha, sendo útil para evitar o desperdício de fertilizante, que ocorreu nos tratamentos T3 e T4 (tratamento referência - 200 kg ha⁻¹, e adubação recomendada - 120 kg ha⁻¹, respectivamente), havendo um consumo de luxo, por isso não influenciou na produtividade.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. A. de; FARIA, C. M. B. de; HAJI, F. N. P.; BARBOSA, F. R.; ALENCAR, P. C. G. de. 1999. Efeito de nitrogênio e micronutrientes sobre as fases imaturas da mosca branca na cultura do melão. **EMBRAPA. In:** Encontro Latino Americano e do Caribe sobre moscas brancas e geminivirus, Anais e mini-resumos... Recife: IPA, n. 8, p. 98.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Z**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728.

BARBOSA, F. R.; QUINTELA, E. D.; BLEICHER, E.; DA SILVA, P. H. S.; DE ALENCAR, J. A.; HAJI, F. N. P. 2001. Manejo da mosca-branca na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Nordeste do Brasil. **Embrapa**, Circ téc 72, Petrolina – PE, ISSN 1516-1617.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. D.; SÁ, M. D. 2001. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Rev Bras Sementes**, v. 23, n. 1, p. 76-83.

BETTIOL, J. V. T. 2019. Produção sustentável do feijão comum: inoculação, coinoculação e adubação mineral em cultivares de ciclo precoce. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/191506>>. Acesso em: 03 ago. 2025.

BIANCHINI, A. 2018. Parte I - Doenças causadas por vírus. **In:** PRIA, M. D.; SILVA, O. C. da. Cultura do feijão: doenças e controle. Ponta Grossa, **Editora UEPG**, p. 31, ISBN 978-85-7798-229-5.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; JUNIOR, A. R.; FERNANDES, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. 2007. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 121-129. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000100015>.

BONASSI, R. D. C.; VAZQUEZ, G. H.; VENZKE FILHO, S. D. P.; D'ANDRÉA-KÜHL, M. S. C.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; SANCHES, A. C.; VANZELA, L. S.; LOUREIRO, E. S.; NAVARRETE, A. A. 2024. Inoculation effects of *Nitrospirillum amazonense* and biofertilizer in sugarcane. **Cienc Rural**, v. 54(3), e20220628. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220628>.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. da. 2011. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, p. 206-215.

BUHELDT, A. C.; METZLER, C. R.; CASTIGLIONI, J. L.; DASSOLLER, T. F.; LUBIAN, M. S. 2019. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revi Agri Neotrop**, v. 6, n. 4, p. 69-74.

BUZO, F. S. 2025. Microrganismos promotores de crescimento de plantas: seleção de espécies promissoras e combinações sinérgicas para a agricultura. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/295660>>. Acesso em: 07 ago. 2025.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; BEZERRA, L. M. C.; GONÇALVES, J. G. R.; ROVARIS, S. R. S.; GONÇALVES, G. D. M. C.; PAULINO, J. F. D. C. 2021. IAC 2051: cultivar de feijão comum do tipo carioca com escurecimento lento do tegumento. **Melhoramento de Culturas e Biotecnologia Aplicada**, v. 21, e36282128. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2c37>.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. 2010. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Cienc Rural**, v. 40, p. 2067-2073.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agron J**, Madison, v. 89, n. 4, p. 557-562.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. 2024. Acompanhamento da safra brasileira: safra 2024/25: oitavo levantamento. Brasília, DF: **Conab**, v. 7. Disponível em: <<https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/8o-levantamento-safra-2024-25>>. Acesso em: 19 mai. de 2025.

CORSINI, D. C. D. C. 2014. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno irrigado em sistema plantio direto. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/124431>>. Acesso em: 03 ago. 2025.

DONATO, F.; ALMEIDA, F. S.; SANTANA, M. J.; XAVIER, A. G. 2021. Desempenho agrônomo de cultivares de feijão comum em função da população de plantas. **INOVA Cienc Tecnol**, Uberaba, v. 7. <https://doi.org/10.46921.rict2021-1122>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2014. List of bacterial type strains available for distribution at CRB-JD. Centro de Recursos Biológicos Johanna Döbereiner, **EMBRAPA Agrobiologia**, Seropédica/RJ, p. 38.

FAGERIA N. K.; STONE L. F.; SANTOS A. B.; CARVALHO M. C. S. 2015. Nutrição mineral do feijoeiro. Brasília: **Embrapa Arroz e Feijão**.

FARINELLI, R. 2003. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada de cobertura em dois sistemas de manejo de solo. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, **Universidade Estadual Paulista**, Botucatu. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86453>>. Acesso em: 07 ago. 2025.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cali**: CIAT, p. 34.

FERREIRA, D. F. 2019. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Rev Bras Biom**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 529-535.

FILLA, V. A.; COELHO, A. P.; LEAL, F. T.; BETTIOL, J. V. T.; LEMOS, L. B. 2020. Portable chlorophyll meter in monitoring and management of nitrogen in common bean cultivars. **Rev Fac Cienc Agrar**, Cuyo, v. 52, n. 2, p. 64-77.

FUKAMI, J.; DE LA, O. S. A. C.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M. 2018. Co-inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici* as a strategy to mitigate salinity stress. **Funct Plant Biol**, v. 45, p. 328-339.

GARCIA, A.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. S.; CASTAN, D. O. C.; MARQUES, L. M.; SILVA, M. P. 2011. Teor de clorofila em feijoeiro cv. Pérola em função de doses de N,

cultivado sobre quatro coberturas de solo em plantio direto. **In:** CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2011, Goiânia: **Embrapa Arroz e Feijão**.

GARCIA, N. F. S. 2021. Manejo da adubação nitrogenada através do clorofilômetro portátil no feijão de inverno coinoculado com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/204652>>. Acesso em: 20 mai. 2025.

GARÉ, L. M. 2023. Plantas de cobertura e bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto. **Repositório**, Unesp - Ilha Solteira. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/253270>>. Acesso em: 19 mai. 2025.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. **In:** MARSCHNER, P. 2012. Mineral nutrition of higher plants., London: **Elsevier**, ed. 3, p. 135.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBANZA, A.; GUTIERREZ-MAÑERO, F. J.; MEGIAS, M. 2000. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biol Biochem**, v. 32, n. 11-12, p. 1515-1528.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. 2013. Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. **Embrapa Soja**, Londrina – PR.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. 2022. Fixação biológica do nitrogênio. Brasília, DF: **Embrapa Soja**.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2024. Indicadores IBGE: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola.

LEAL, F. T.; FILLA, V. A.; BETTIOL, J. V. T.; SANDRINI, F. O. T.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, B. B. 2019. Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. **Ciência Agrotec**, v. 43, ed. 004919, <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943004919>.

LOPES, E. S. 2007. Fixação Biológica de Nitrogênio no sistema solo-planta. **In:** YAMADA, T.; STIPP, S. R.; VITTI, G. C. Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira. Piracicaba: **IPNI**, p. 43-72.

LUNA, B. N. C. de. 2023. Rotação de culturas, adubação verde e inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do feijão-comum em sistema plantio direto na região de cerrado. **Repositório UNESP**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/244447>>. Acesso em: 20 mai. 2025.

MAIA, S. C. M., SORATTO, R. P., BIAZOTTO, F. O., ALMEIDA, A. Q. 2013. Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. **Semina: Ciênc Agrár**, p. 2229–2238. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2229>

MAIA, S. C. M.; SORATTO, R. P.; LIEBE, S. M.; ALMEIDA, A. Q. 2017. *Criteria for topdressing nitrogen application to common bean using chlorophyll meter*. Brasília: **Pesq Agropecu Bras**, Brasília, DF, v. 52, p. 512-520. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000700005>.

MAIA, S. C. M. 2011. Uso do clorofilômetro portátil na determinação da adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de feijoeiro. **Repositório Unesp**, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86391>>. Acesso em: 12 mai. 2025.

MAIA, S. C. M. 2014. Critérios para o manejo da adubação nitrogenada na cultura do feijão utilizando clorofilômetro portátil. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123368>>. Acesso em: 12 mai. 2025.

MEDEIROS, C. A. B.; BUENO, Y. M.; SÁ, T. D. A.; VIDAL, M. C.; ESPINDOLA, J. A. A. 2018. Fome zero e agricultura sustentável: contribuições da Embrapa. **Embrapa**, Brasília, DF, ISBN 978-85-7035-783-0.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2011. Instrução Normativa SDA/MAPA 13/2011. **Secretaria de defesa agropecuária**.

MONDO, V. H. V.; NASCENTE, A. S. 2018. Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Rev Agrar**, v. 11, n. 39, p. 89-94, ISSN: 1984-2538. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i39.4569>

MOREIRA, G. B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I. KONDO, M. K. 2013. Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Rev Bras Eng Agríc Ambient**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 818–823.

OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* 2018. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. **Embrapa** – Brasília, DF, e. 2., p. 61, ISBN 978-85-7035-816-5.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. 2009. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Rev Bras Cienc Solo**, v. 33, p. 219-226. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100023>.

PIMENTEL-GOMES, F. 2022. Curso de Estatística Experimental. 15. ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (**Fealq**), p. 451.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. 2015. **In**: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: **FEPAF**, p. 65-75.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônômico de Campinas** (IAC).

RODRIGUES O.; DIDONET A. D.; TEIXEIRA M. C. C.; ROMAN; E. S. 2003. Redutores de crescimento. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, p. 18.

SANTOS, H. G. *et al.* 2025. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa Solos**, p. 356.

- SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. 2016. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Sci Agrar**, v. 17, n. 1, p. 10-15.
- SILVEIRA, P. M.; GONZAGA, A. C. O. 2017. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesq Agropecu Trop**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 1–6.
- SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. 2004. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesq Agropecu Bras**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895- 901.
- SORATTO, R. P.; CATUCHI, T. A.; SOUZA, E. F. C.; GARCIA, J. L. N. 2017. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Rev Caatinga**, v. 30, p. 670-678. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n315rc>.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SANTOS, L. A.; JOB, A. L. G. 2013. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - macronutrients. **Rev Bras Cienc Solo**, v. 37, p. 1027-1042.
- TELLES, C. S. 2016. Rendimento de grãos do feijão sob diferentes doses de nitrogênio e inoculação de *Rhizobium tropici*. Trabalho de Conclusão de Curso, **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14067>>. Acesso em: 07 ago. 2025.
- TOSO, V.; ANDRIOLO, J. L.; RIECK, V. T.; LERNER, M.; SCHMITT, O. J.; SOUZA, J. M. 2011. Leituras de clorofila em feijoeiro cultivado com diferentes disponibilidades de nitrogênio. **In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, v. 10, Goiânia: **Embrapa Arroz e Feijão**.
- TRIPATHI, D.; RAIKHY, G.; KUMAR, D. 2019. Indutores Químicos de Resistência Adquirida Sistêmica — Ácido Salicílico e Seus Análogos Funcionais. **Curr. Plant Biol**, v. 17, p. 48–59.
- VICENTE, M.; KANTHACK, R. D.; NORONHA, A. B.; STRADIOTO, M. F. S. 1988. Incidência do mosaico dourado em feijoeiros cultivados em duas épocas de plantio na região de Presidente Prudente. **Fitopatol Bras**, v. 13, n. 4, p. 373-376.
- WUTKE, E. B.; CHIORATO, A. F.; ESTEVES, J. A.; CARBONELL, S. S. M.; AMBROSANO, E. J.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; CANTARELLA, H. 2020. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS J. R. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van.** Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: **IAC**, p. 218-220. (**Boletim Técnico 100**).

3. CAPÍTULO 3: Eficiência do clorofilômetro portátil simultaneamente com bactérias benéficas nas concentrações de nutrientes

RESUMO

Os nutrientes são importantes para saúde da planta, sendo necessário pesquisas que visam nutrir as plantas com biotecnologias e agrotecnologias. Objetivou-se avaliar o manejo de N com clorofilômetro portátil, com *Rhizobium tropici* e uso de biopromotores, visando as concentrações e acúmulo de macronutrientes, além da proteína bruta no IAC 2051, sob Sistema Plantio Direto. A condução foi em Selvíria – MS, o delineamento foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 8 x 2: [T1] controle sem N em cobertura; [T2] metade do N; [T3] tratamento referência; [T4] adubação de N recomendada; [T5] *Azospirillum brasilense*; [T6] *Nitrospirillum amazonense*; [T7] *Priestia aryabhattai*; [T8] *Bacillus subtilis*. As bactérias via foliar só receberam 20 kg ha⁻¹ N quando indicou ISN < 90. Com ausência ou presença *R. tropici* nas sementes. O *R. tropici* apresentou significativo para o teor de K. O *A. brasilense* obteve significância para N foliar, Mg e AcMg na parte aérea, N e PB no grão. O *B. subtilis* e *P. aryabhattai*, resultou em diferença para AcCa e PB no grão, respectivamente, assim a inoculação com BPCPs leva a economia de N sem comprometer a qualidade do grão. Já os tratamentos envolvendo N se equiparou aos microrganismos.

Palavras-chave: Biotecnologia, macronutrientes, manejo, economia de N, qualidade dos grãos.

AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; FLÔRES, J. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1602-1609, 2016.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H.; Feijão. **In:** RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, p. 194-195, 1997.

BARROS, R. L. N.; OLIVEIRA, L. B.; MAGALHÃES, W. B.; MÉDICI, L. O.; PIMENTEL, C. Interaction between rizobial inoculation and sowing nitrogen fertilization on yield of common bean crop at dry and rainy seasons. **Semina**, v. 34, p. 1443-1450, 2013.

BEZERRA, B. R. Produção de massa seca e absorção de macronutrientes nos cultivares do feijão Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Tese de Doutorado, **Universidade de São Paulo**, 2000.

BINOTTI, F. F. S. Descrição e Fisiologia da planta. **In:** ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu: **FEPAF**, Lageado, cap. 2, p. 29 – 38, 2015.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 417 - 428, 2003.

BRITO, L. F. Iniciação da nodulação em cultivares de feijoeiro. Dissertação de Mestrado, **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, 2013.

BRITO, M. M. P. Marcha de absorção de nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação biológica em caupi (*Vigna unculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando ¹⁵N. Dissertação de Mestrado, **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 1992.

BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; FILHO, M. C. M. T.; GAZOLA, R. N.; DINALLI, R. P. Aspectos gerais da adubação da cultura. **In:** ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu: **FEPAF**, Lageado, cap. 5, p. 77 – 109, 2015.

BUZO, F. S. Microrganismos promotores de crescimento de plantas: seleção de espécies promissoras e combinações sinérgicas para a agricultura. **Repositório Unesp**, 2025.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; BEZERRA, L. M. C.; GONÇALVES, J. G. R.; ROVARIS, S. R. S.; GONÇALVES, G. D. M. C.; PAULINO, J. F. D. C. IAC 2051: cultivar de feijão comum do tipo carioca com escurecimento lento do tegumento. **Melhoramento de Culturas e Biotecnologia Aplicada**, v. 21, 2021, e36282128. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2c37>.

CORSINI, D. C. D. C.; CASSIOLATO, A. M. R. Microbiologia do solo e fixação biológica de nitrogênio. **In:** ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu: **FEPAF**, Lageado, cap. 6, p. 111 – 116, 2015.

D'AMICO-DAMIÃO, V.; NUNES, H. D.; COUTO Jr., P. A.; LEMOS, L. B. *Straw Type and Nitrogen Fertilization Influence Winter Common Bean Yield and Quality*. **International Journal of Plant Production**, v. 14, p. 703–712, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00120-6>

EMBRAPA. Impactos socioeconômicos do desenvolvimento do agro: Abastecimento interno. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/trajetoria-do-agro/impactos-socioeconomicos-do-desenvolvimento-do-agro/abastecimento-interno>>. Acesso em: 02 de jul. 2024.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. C. S. Nutrição mineral do feijoeiro. Brasília: **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 394, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: *a computer analysis system to fixed effects split plot type designs*. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FILLA, V. A. Atributos agronômicos e qualitativos de cultivares de feijoeiro-comum sob monitoramento e manejos de fornecimento de nitrogênio utilizando clorofilômetro portátil. **Repositório Unesp**, 2019.

FLÔRES, J. A.; AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B. *Agronomic and qualitative traits of common bean as a function of the straw and nitrogen fertilization*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 195-201, 2017.

GARCIA, N. F. S. Manejo da adubação nitrogenada através do clorofilômetro portátil no feijão de inverno coinoculado com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Repositório Unesp**, 2021.

GARÉ, L. M. Plantas de cobertura e bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto. **Repositório**, Unesp - Ilha Solteira, 2023.

JUNIOR, F. G. G.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; MATOS, F. A.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M. J. B. D.; CARVALHO, J. G. D.; MORAIS, A. R. D. Teores de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Bragantia**, v. 65, p. 347-354, 2006.

KIMOTHI, S.; DHALIWAL, Y. S. *Nutritional and Health Promoting Attribute of Kidney Beans (Phaseolus vulgaris L.): A Review*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 5, p. 1201-1209, 2020. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.134>.

LANDAU, E. C. e MOURA, L. Evolução da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **In: MIRANDA, E. R. s de, MAGALHÃES, C. de C., BIANCHINI, P. C. (org.). Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: **EMBRAPA**, 2020. v. 2, cap. 23, p. 739-798.

LI, G. X.; XU, B. C.; YIN, L. N.; WANG, S. W.; ZHANG, S. Q.; SHAN, L.; KWAK, S. S.; KE, Q.; DENG, X. P. *Dryland agricultural environment and sustainable productivity. Plant Biotechnology Reports*, v. 14, 169–176, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11816-020-00613-w>.

MAIA, S. C. M., SORATTO, R. P., BIAZOTTO, F. O., ALMEIDA, A. Q. Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 2229–2238, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2229>

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Agronômica Ceres**, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Potafos**, ed. 2, p. 319, 1997.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plant*. New York: **Academic Press**, 2. ed., 1995.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. **In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais-CFSEMG, 5ª Aproximação**, p. 143-168, 1999.

NUNES, H. D.; LEAL, F. T.; MINGOTTE, F. L. C.; DAMIÃO, V. D.; JUNIOR, P. A. C.; LEMOS, L. B. *Agronomic performance, quality and nitrogen use efficiency by common bean cultivars. Journal of Plant Nutrition*, v. 44, n. 7, p. 995-1009, 2021.

OLIVEIRA, R. C.; SBARDELOTTO, J. M. Nodulação em diferentes variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici*. **Cultivando o saber** - Cascavel. v. 4, n. 2, p. 46-52, 2011.

OLIVEIRA, E. M.; WITTEWER, R.; HARTMANN, M.; KELLER, T.; BUCHMANN, N.; VAN DER HEIJDEN, M. G. *Effects of conventional, organic and conservation agriculture on soil physical properties, root growth and microbial habitats in a long-term field experiment. Geoderma*, v. 447, 2024, 116927. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116927>.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. D. F. C. D. *Nutrient extraction and exportation by nitrogen-fertilized common bean grown after different periods of no-tillage system establishment. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 1276–1287, 2013. doi: 10.1590/S0100-06832013000500017.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15. ed. Piracicaba: **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz** (Fealq), p. 451, 2022.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. **In: Aspectos gerais da cultura do feijão Phaseolus vulgaris L.** ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (ed.). Botucatu: **FEPAF**, 2015. p. 65-75.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agronômico de Campinas**. 2001.

RODRIGUES O.; DIDONET A. D.; TEIXEIRA M. C. C.; ROMAN; E. S. Redutores de crescimento. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, p. 18, 2003.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 68, p. 1-16, 1994.

SANTOS, H. G. *et al.* 2025. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa Solos**, p. 356.

SILVEIRA, P. M.; CARVALHO, M. D. C. S.; GONZAGA, A. C. O.; SARMENTO, P. H. L. Uso do clorofilômetro como critério para quantificar a necessidade de nitrogênio no feijão-comum inoculado com *Rhizobium tropici*. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 21, n. 1, p. 17-21, 2023.

SOUZA, S. S. Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno em sucessão a sistemas de cultivo com milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária. **Dissertação de Mestrado, Unesp** – Jaboticabal, 2016.

TAIZ, L.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. S.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Ed. 7, p. 856. Porto Alegre: **Artmed**, 2023.

WUTKE, E. B.; CHIORATO, A. F.; ESTEVES, J. A.; CARBONELL, S. S. M.; AMBROSANO, E. J.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; CANTARELLA, H. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **In:** CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 2020. p. 218-220. (**Boletim Técnico 100**).

4. CAPÍTULO 4: Respostas fisiológicas e índices de clorofila no feijoeiro em função da coinoculação e da suplementação nitrogenada monitorada

RESUMO

A adoção da coinoculação como estratégia para minimizar a necessidade de adubos químicos pode influenciar positivamente sobre aspectos nutricionais e, conseqüentemente, sobre o conteúdo de compostos nitrogenados. Diante disso, para obter boas respostas fisiológicas sem estressar a planta é necessário aliar agrotecnologias, contribuindo também para o meio ambiente e redução de insumos. Por tanto, objetivou-se apurar o manejo do N de forma monitorada de forma indireta dos teores de clorofila, atrelado a inoculação e coinoculação de bactérias benéficas, no Cerrado, em SPD consolidado, nos parâmetros fisiológicos na cultivar IAC 2051. O experimento foi conduzido em Selvíria – MS, com delineamento em blocos casualizados, 4 repetições em esquema fatorial 8 x 2: [T1] controle sem N em cobertura; [T2] metade do N; [T3] tratamento referência; [T4] adubação de N recomendada; [T5] *Azospirillum brasilense*; [T6] *Nitrospirillum amazonense*; [T7] *Priestia aryabhattai*; [T8] *Bacillus subtilis* - as bactérias via foliar só receberam 20 kg ha⁻¹ N quando indicaram ISN < 90 -. Com ausência ou presença *Rhizobium tropici* nas sementes. A coinoculação melhora a capacidade fotossintética da planta, aumenta teor de clorofila foliar e assimilação de N. As adubações reduzem o estado nutricional de N e a capacidade fotossintética. Os inoculantes são alternativas promissoras e sustentáveis, reduzindo custos de produção.

Palavras-chave: Parâmetros fisiológicos, inoculação, capacidade fotossintética, sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABDELAAL, K.; ALKAHTANI, M.; ATTIA, K.; HAFEZ, Y.; KIRÁLY, L.; KÜNSTLER, A. *The Role of Plant Growth-Promoting Bacteria in Alleviating the Adverse Effects of Drought on Plants*. **Biology**, v. 10, n. 6, p. 520, 2021. <https://doi.org/10.3390/biology10060520>
- ALI, Q.; KHAN, T. A.; ALI, M.; GURURANI, M. A.; MUNDRA, S. *Bacillus paranthracis alleviates saline stress in tomato by reprogramming physiology, photosynthesis, and antioxidant activity*. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, p. 1-15, 2025.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. *Köppen's climate classification map for Brazil*. **Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARRUDA, B., BAGAGI, B. M., DE FREITAS JUNIOR, N. B., BEJARANO HERRERA, W. F., ESTRADA-BONILLA, G. A., LEOTI ZANETTI, W. A., SILVÉRIO, A. N. S.; FERRARI PUTTI, F. *Biochemical and Plant Growth Response of the Common Bean to Bioinput Application Under a Drought Stress Period*. **Stresses**, v. 5, n. 1, p. 17, 2025.
- BIELESKI, R. L.; TURNER, N. A. *Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography*. **Analytical biochemistry**, v. 17, n. 2, p. 278-293, 1966.
- BINOTTI, F. F. S. Descrição e Fisiologia da planta. **In:** ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu: FEPAF, Lageado, cap. 2, p. 29 – 38, 2015.
- BRADFORD, Marion M. *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding*. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- BUZO, F. S. Microrganismos promotores de crescimento de plantas: seleção de espécies promissoras e combinações sinérgicas para a agricultura. **Repositório Unesp**, 2025.
- CAMARGOS, L. S. Análise das alterações no metabolismo de nitrogênio em *Canavalia ensiformes* (L.) em resposta a variações na concentração de nitrato fornecida. **Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo**, 2002.
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; BEZERRA, L. M. C.; GONÇALVES, J. G. R.; ROVARIS, S. R. S.; GONÇALVES, G. D. M. C.; PAULINO, J. F. D. C. IAC 2051: cultivar de feijão comum do tipo carioca com escurecimento lento do tegumento. **Melhoramento de Culturas e Biotecnologia Aplicada**, v. 21, 2021, e36282128. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2c37>.
- CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.
- COLETO, I.; MARÍN-PEÑA, A. J.; URBANO-GÁMEZ, J. A.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. I.; SHI, W.; LI, G.; MARINO, D. *Interaction of ammonium nutrition with essential mineral cations*. **Journal of Experimental Botany**, v. 74, n. 19, p. 6131-6144, 2023.

COLTURATO, C. P.; KIDO, H. W.; AGUIAR, L. F. Avaliação do metabolismo de compostos nitrogenados em seiva de xilema de *Macroptilium lathyroides*. **In:** Encontro científico da feis, **II ENCIVI**, Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 2008.

DE SOUZA, L.F.R.; DE SOUZA JÚNIOR, N.C.; FERNANDES, G.C.; ITO, W.C.N.; BARBOSA, M.C.; FREITAS, L.B.; DA SILVA SOUZA, K.; ALEXANDRE, L.D.S.; SILVA, M.B.; DA SILVA, E.C. *Response of Phaseolus vulgaris to the Use of Growth-Promoting Microorganisms Associated with the Reduction of NPK Fertilization in Tropical Soils: Clayey Oxisol and Sandy Ultisol. Agriculture*, v. 15, n. 1, p. 63, 2025. <https://doi.org/10.3390/agriculture15010063>.

FARHAN, M.; SATHISH, M.; KIRAN, R.; MUSHTAQ, A.; BAAZEEM, A.; HASNAIN, A.; HAKIM, F.; NAQVI, S. A. H.; MUBEEN, M.; IFTIKHAR, Y; ABBAS, A.; HASSAN, M. Z.; MOUSTAFA, M. *Plant Nitrogen Metabolism: Balancing Resilience to Nutritional Stress and Abiotic Challenges. Phytion (0031-9457)*, v. 93, n. 3, 2024.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. *Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. **Cali:** Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 34, 1986.

FERREIRA, D. F. Sisvar: *a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GARÉ, L. M. Plantas de cobertura e bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto. **Repositório**, Unesp - Ilha Solteira, 2023.

HAGN, J. Fixação biológica de nitrogênio em feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabalho de Conclusão de Curso, **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2021.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Portal Embrapa, Londrina: **Embrapa Soja**, p. 30, 2013. ISSN 2176-2937.

HUNGRIA, M., NOGUEIRA, M.A. & ARAUJO, R.S. *Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. Biol Fertil Soils*, v. 49, p. 791–80, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5>

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. *A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian journal of botany*, v. 57, n. 12, p. 1332-1334, 1979.

JALAL, A.; FILHO, M. C. M. T.; DA SILVA, E. C.; DA SILVA OLIVEIRA, C. E.; FREITAS, L. A.; DO NASCIMENTO, V. *Plant growth-promoting bacteria and nitrogen fixing bacteria: sustainability of non-legume crops. In: Nitrogen fixing bacteria: sustainable growth of non-legumes. Singapore: Springer Nature Singapore*, p. 233-275, 2022.

JALAL, A.; MORTINHO, E. S.; DA SILVA OLIVEIRA, C. E.; FERNANDES, G. C.; JUNIOR, E. F.; DE LIMA, B. H.; FILHO, M. C. M. T. *Nano-zinc and plant growth-promoting bacteria is a sustainable alternative for improving productivity and agronomic biofortification of common bean. Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 10, n. 1, p. 77, 2023.

KASCHUK, G.; AULER, A. C.; VIEIRA, C. E.; DAKORA, F. D.; JAISWAL, S. K.; DA CRUZ, S. P. *Coinoculation impact on plant growth promotion: a review and meta-analysis on coinoculation of rhizobia and plant growth-promoting bacilli in grain legumes*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, n. 4, p. 2027-2037, 2022.

KRUPKA, M.; PIOTROWICZ-CIEŚLAK, A. I.; MICHALCZYK, D. J. *Effects of antibiotics on the photosynthetic apparatus of plants*. **Journal of Plant Interactions**, v. 17, n. 1, p. 96–104, 2022. <https://doi.org/10.1080/17429145.2021.2014579>

LAHLALI, R.; EZRARI, S.; RADOUANE, N.; BELABESS, Z.; JIANG, Y.; MOKRINI, F.; TAHIRI, A.; PENG, G. *Bacillus spp.-Mediated drought stress tolerance in plants: Current and future prospects*. In: *Bacilli in Agrobiotechnology: Plant Stress Tolerance, Bioremediation, and Bioprospecting*. Cham: Springer International Publishing, p. 487-518, 2022.

LI, L.; HU, Z.; TAN, G.; FAN, J.; CHEN, Y.; XIAO, Y.; WU, S.; ZHI, Q.; LIU, T.; YIN, H.; TANG, Q. *Enhancing plant growth in biofertilizer-amended soil through nitrogen-transforming microbial communities*. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1259853, 2023.

LOVATO, F.; KOWALESKI, J.; SILVA, S.Z.; HELDT, L.F.S. *Composição centesimal e conteúdo mineral de diferentes cultivares de feijão biorfortificado (Phaseolus vulgaris L.)*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-6, 2017.

MAGRAY, J. A.; ZARGAR, S. A.; ISLAM, T.; JAVID, H. *Factors affecting nitrogen uptake, transport, and assimilation*. In: *Advances in plant nitrogen metabolism*. CRC Press, p. 69-85, 2022.

MAIA, S. C. M., SORATTO, R. P., BIAZOTTO, F. O., ALMEIDA, A. Q. *Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil*. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 2229–2238, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2229>.

MARCHÃO, R. L.; SILVA, G. C. D.; ANDRADE, S. R. M. D.; JUNIOR, F. B. D. R.; JÚNIOR, M. P. D. B.; HAPHONSSO, R. H.; CARVALHO, A. M. D. *Improving Soybean Development and Grain Yield by Complementary Inoculation with Growth-Promoting Bacteria Azospirillum, Pseudomonas, Priestia, and Bacillus*. **Plants**, v. 14, n. 3, p. 402, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14030402>

McCULLOUGH, H. *The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method*. **Clínica chimica acta**, v. 17, n. 2, p. 297-304, 1967.

MORTINHO, E. S.; JALAL, A.; DA SILVA OLIVEIRA, C. E.; FERNANDES, G. C.; PEREIRA, N. C. M.; ROSA, P. A. L.; DO NASCIMENTO, V.; DE SÁ, M. E.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. *Co-inoculations with plant growth-promoting bacteria in the common bean to increase efficiency of NPK fertilization*. **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1325, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061325>

MUN, B. G.; HUSSAIN, A.; PARK, Y. G.; KANG, S. M.; LEE, I. J.; YUN, B. W. *The PGPR Bacillus aryabhattai promotes soybean growth via nutrient and chlorophyll maintenance and the production of butanoic acid*. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1341993, 2024.

NAQQASH, T.; FATIMA, M.; BUKHAT, S.; SHAHID, M.; SHABIR, G.; TAHIR, M.; ARSHAD, M.; BABAR, M. *Plant growth-promoting rhizobacteria significantly improves growth attributes and photosynthetic machinery in wheat. Journal of Plant Growth Regulation*, v. 41, n. 8, p. 3372-3386, 2022.

OLIVEIRA, C. E. D. S.; SENA OLIVEIRA, T. J. S.; JALAL, A.; FERNANDES, G. C., BASTOS, A. D. C.; DA SILVA, M. R.; SANT'ANA, G. R.; AGUILAR, J. V.; CAMARGOS, L. S.; ZOZ, T.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. *Inoculation and co-inoculation of lettuce and arugula hydroponically influence nitrogen metabolism, plant growth, nutrient acquisition and photosynthesis. Frontiers in Plant Science*, v. 16, p. 1547821, 2025.

OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, M. G. C.; WENDLAND, A.; HEINEMANN, A. B.; GUIMARÃES, C. M.; FERREIRA, E. P. B.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, S. C. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. **Embrapa** – Brasília, DF, e. 2., p. 61, 2018. ISBN 978-85-7035-816-5.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15. ed. Piracicaba: **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz** (Fealq), p. 451, 2022.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. *In: Aspectos gerais da cultura do feijão Phaseolus vulgaris* L. ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (ed.). Botucatu: **FEPAF**, 2015. p. 65-75.

POSSE, S. C. P.; SOUZA, E. M. R.; SILVA, G. M.; FASOLO, L. M.; SILVA, M. B.; ROCHA, M. A. M.; ROCHA, M. A. M. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011. Vitória: **Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper**, p. 247, 2010.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agronômico de Campinas**. 2001.

SANTOS, H. G. *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa Solos**, p. 356, 2025.

SCHMIDT, T. M.; THOMÉ, A. H. E.; SPEROTTO, R. A.; GRANADA, C. E. *Effect of rhizobia inoculation on the development of soil-borne pathogens infecting common bean plants. European Journal of Plant Pathology*, v. 153, n. 3, p. 687–694, 2019. ISSN 0929-1873.

SCHUBERT, K. R. *Products of Biological Nitrogen Fixation in Higher Plants: Synthesis, Transport, and Metabolism. Annual Review Plant Biology*, v. 37, p. 539-574, 1986. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.37.060186.002543>

TAIZ, L.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. S.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Ed. 7, p. 856. Porto Alegre: Artmed, 2023.

TAKATANI, N.; UENOSONO, M.; HARA, Y.; YAMAKAWA, H.; FUJITA, Y.; OMATA, T. *Chlorophyll and pheophytin dephytylating enzymes required for efficient repair of PSII in Synechococcus elongatus PCC 7942. Plant and Cell Physiology*, v. 63, n. 3, p. 410-420, 2022.

THOMAS, R. J.; FELLER, U.; ERISMANN, K. H. *Ureide Metabolism in Non-nodulated Phaseolus vulgaris L.* **Journal of Experimental Botany**, v. 31, e. 2, p. 409–417, 1980. <https://doi.org/10.1093/jxb/31.2.409>

VOGELS, G. D.; VAN DER DRIFT, C. Differential analyses of glyoxylate derivatives. **Analytical Biochemistry**, v. 33, n. 1, p. 143-157, 1970.

WANG, X. L.; SI, Z. Q.; YU, H.; QI, L.; LIU, W.; SHI, J.; SONG, P. *Unveiling the dual role of heterotrophic ammonia-oxidizing bacteria: enhancing plant regrowth through modulating cytokinin delivery.* **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1268442, 2023.

WELLBURN, A. R. *The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution.* **Journal of plant physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

WITTE, C. P. *Urea metabolism in plants.* **Plant Science**, v. 180, e. 3, p. 431-438, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.11.010>.

WUTKE, E. B.; CHIORATO, A. F.; ESTEVES, J. A.; CARBONELL, S. S. M.; AMBROSANO, E. J.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; CANTARELLA, H. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **In:** CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 2020. p. 218-220. (**Boletim Técnico 100**).

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

5. CAPÍTULO 5: Análise econômica do manejo de nitrogênio com clorofilômetro em conjunto com biopromotores no feijão de inverno no Cerrado

RESUMO

A viabilidade econômica é de suma importância, assim, alternativas são criadas para reduzir custos, como uso de biopromotores e clorofilômetro portátil no feijoeiro. O objetivo foi avaliar a economia utilizando a inoculação e/ou coinoculação de biopromotores, com o uso do clorofilômetro portátil, sobre o manejo de N, através do Custo Operacional Total (COT), no IAC 2051 em Sistema Plantio Direto. O experimento foi conduzido em Selvíria – MS, com delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 8 x 2: [T1] Controle sem N; [T2] Metade da dose de N recomendada; [T3] Tratamento referência; [T4] Adubação recomendada de N; [T5] *Azospirillum brasilense*; [T6] *Nitrospirillum amazonense*; [T7] *Priestia aryabhattai*; [T8] *Bacillus subtilis*. Com e sem inoculação de *Rhizobium tropici*, com 4 repetições. Os tratamentos com microrganismos só receberam 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura quando leituras do clorofilômetro indicaram Índice de Suficiência de Nitrogênio menor que 90%. Os menores valores de COT foram para T1 e T9. Os tratamentos T6 e T14, obtiveram economia de 14% em comparação com a adubação recomendada. O *P. aryabhattai* possibilitou maior índice de lucratividade e maiores produtividades, devendo ser mais estudados. A utilização do clorofilômetro portátil otimizou o manejo de N, resultando em maior retorno econômico.

Palavras-chave: Viabilidade, Custo Operacional Total, inoculação, coinoculação, IAC 2051.

5.4 CONCLUSÃO

Os menores valores de COT foram para os tratamentos sem aplicação de N em cobertura e bactérias benéficas (T1 e T9), provavelmente por estar em SPD consolidado a mais de 25 anos.

Os tratamentos envolvendo apenas a inoculação com *N. amazonense* e coinoculação com *R. tropici* nas sementes (T6 e T14), manejados com auxílio do clorofilômetro proporcionaram economia de 14% em relação à adubação nitrogenada recomendada, uma vez que não demandaram aplicação de N em cobertura.

A utilização de novas bactérias como o *P. aryabhattai*, possibilitou maior lucratividade e produtividade, quando comparada aos demais tratamentos, indicando potencial para uso ampliado nos sistemas de cultivos do feijoeiro.

Enquanto a utilização do clorofilômetro portátil otimizou o manejo de N, resultando em maior retorno econômico, portanto, esta agrotecnologia mostra-se viável para aplicação em campo, reduzindo custos sem comprometer a produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Z**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728.
- ASGHARIPOUR, M. R.; SHAHGHOLI, H.; CAMPBELL, D. E.; KHAMARI, I.; GHADIRI, A. Comparison of the sustainability of bean production systems based on emergy and economic analyses. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, n. 2, 2019.
- BOMFIM, C. A.; COELHO, L. G. F.; VALE, H. M. M.; MENDES, I. C.; MEGIAS, M.; OLLERO, F. J.; JÚNIOR, F. B. R. Breve história dos biofertilizantes no Brasil: das abordagens convencionais às novas soluções biotecnológicas. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, p. 2215–2232, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00618-9>.
- BRITO, L. F.; PACHECO, R. S.; SOUZA FILHO, B. F.; FERREIRA, E. P. B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 981-992, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140322>>. Acesso em: 08 out. de 2025.
- BUZO, F. S. 2025. Microrganismos promotores de crescimento de plantas: seleção de espécies promissoras e combinações sinérgicas para a agricultura. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/295660>>. Acesso em: 07 ago. 2025.

CALCULADORA DO CIDADÃO. Correção de valores: Índice de preços. **Banco Central do Brasil**. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso em: 29 set. de 2025.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; BEZERRA, L. M. C.; GONÇALVES, J. G. R.; ROVARIS, S. R. S.; GONÇALVES, G. D. M. C.; PAULINO, J. F. D. C. 2021. IAC 2051: cultivar de feijão comum do tipo carioca com escurecimento lento do tegumento. **Melhoramento de Culturas e Biotecnologia Aplicada**, v. 21, e36282128. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2c37>.

CARVALHO, M. C. S.; SILVEIRA, P. M. Feijão: Adubação. **Embrapa Arroz e Feijão**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/adubacao>>. Acesso em: 01 out. de 2025.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. Feijão: Indicadores Preços do Feijão Carioca. Disponível em: <<https://www.cepea.org.br/br/indicador/feijao.aspx#:~:text=Feij%C3%A3o.%20Pre%C3%A7os%20do%20Feij%C3%A3o%20Carioca%20-%20peneira,e/ou%20notas%209%20ou%20superior%20-%20CEP>>. Acesso em: 30 set. de 2025.

COELHO, L. G. F.; BOMFIM, C. A.; MENDES, I. C.; VALE, H. M. M.; JUNIOR, F. B. R. **A inoculação do feijoeiro no Brasil**: alternativas para aumentar a produtividade utilizando microrganismos promotores do crescimento vegetal. **Embrapa Cerrados**, p. 09. ISSN online 2176-5081, 384.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: **safr 2024/25**: oitavo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 7., 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/8o-levantamento-safra-2024-25>>. Acesso em: 17 mai. de 2025.

EMBRAPA. Feijão. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao>>. Acesso em: 01 out. de 2025.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cali**: CIAT, p. 34.

FERREIRA, E. P. B.; SILVA, O. F.; WANDER, A. E. Economics of rhizobia and azospirilla co-inoculation in irrigated common bean in commercial and family farming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 55, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-510.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01532>>. Acesso em: 08 out. 2025.

FUNDAÇÃO ABC. Planilha de Custos de Mecanização Agrícola: Abril 2025. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fundacaoabc.org/wp-content/uploads/2025/04/PLANILHA-DE-CUSTO-DE-MECANIZACAO-ABRIL-2025.pdf>>. Acesso em: 29 set. de 2025.

GARÉ, L. M. Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado. **Repositório UNESP**, 2020.

GARÉ, L. M. 2023. Plantas de cobertura e bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto. **Repositório**, Unesp - Ilha Solteira. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/253270>>. Acesso em: 19 mai. 2025.

GARCIA, N. F. S. 2021. Manejo da adubação nitrogenada através do clorofilômetro portátil no feijão de inverno coinoculado com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Repositório Unesp**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/204652>>. Acesso em: 20 mai. 2025.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Salários Rurais**. Abril 2025. Disponível em: <https://infoiea.agricultura.sp.gov.br/nia1/precorsalarios.aspx?cod_tipo=6&cod_sis=13>. Acesso em: 29 set. de 2025.

LEAL, F. T.; FILLA, V. A.; BETTIOL, J. V. T.; SANDRINI, F. O. T.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, B. B. 2019. Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. **Ciência Agrotec**, v. 43, ed. 004919, <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943004919>.

MAIA, S. C. M., SORATTO, R. P., BIAZOTTO, F. O., ALMEIDA, A. Q. 2013. Estimativa da necessidade de nitrogênio em cobertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. **Semina: Ciênc Agrár**, p. 2229–2238. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2229>.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - “CUSTAGRI”. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.

MARTINS, J. T.; BUZO, F. D. S.; GARÉ, L. M.; GARCIA, N. F.; SALES, L. Z. D. S.; NASCIMENTO, M. V.; SANTOS, N. C. B.; SABBAG, O. J.; ARF, O. Diazotrophic bacteria increase yield and profitability in organic cultivation of common bean. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 2, e. 272029, 2024. ISSN 1807-1929. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n2e272029>

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. N. E.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Caminhos da Comida de Verdade**: o feijão é o grão mais famoso do Brasil, Gov.br, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-quero-me-alimentar-melhor/noticias/2022/caminhos-da-comida-de-verdade-o-feijao-e-o-grao-mais-famoso-do-brasil>>. Acesso em: 01 out. de 2025.

OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* 2018. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. **Embrapa** – Brasília, DF, e. 2., p. 61, ISBN 978-85-7035-816-5.

OLIVEIRA, S. L.; FERREIRA, J. S.; BRANDÃO, M. H.; MOREIRA, A. C. S.; CUNHA, W. V. Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo. **Revista do COMEIA**, v. 2, n. 1, 2020.

PACHECO, A.; LOPES, A. S.; SABBAG, O. J.; JÚNIOR, E. D. F.; KRAESKI, M. J.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANÇA, A. Economic analysis of irrigated bean production in function of nitrogen fertilization management and inoculation of seeds. **Revista Científica**, v. 48, n. 3, p. 200-205, 2020. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2020v48n3p200-205>.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. 2015. **In:** ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: **FEPAF**, p. 65-75.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas** (IAC).

RASHAD, Y. M.; EL-SHARWANY, H. H. A.; HAFEZ, M.; BOUROUAH, M.; ABDELGAWAD, A. M.; YOUSSEF, M. A. A.; MADBOULY, A. K. *Fostering resistance in common bean: Synergistic defense activation by Bacillus subtilis HE18 and Pseudomonas fluorescens HE22 against Pythium root rot.* **Rhizosphere**, v. 29, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100851>.

RODRIGUES O.; DIDONET A. D.; TEIXEIRA M. C. C.; ROMAN; E. S. 2003. Redutores de crescimento. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, p. 18.

SANTOS, H. G. *et al.* 2025. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa Solos**, p. 356.

SILVA, M. S. G.; NOGUEIRA, G. P.; COELHO, A. P.; LEAL, F. T.; FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Desempenho agrônomo, qualitativo e retorno econômico relativo do feijoeiro sob fontes e doses de nitrogênio. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 29, n. 3, p. 365-378, 2020.

SOUSA, M. A.; OLIVEIRA, M. M.; ASOBIA, P. C.; FLORES, R. A.; FERREIRA, E. P. B. Agro-economic response of inoculated common bean as affected by nitrogen application along the growth cycle. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 6, 2022. DOI: 10.5433/1679-0359.2022v43n6p2531.

WUTKE, E. B.; CHIORATO, A. F.; ESTEVES, J. A.; CARBONELL, S. S. M.; AMBROSANO, E. J.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; ARF, O.; CANTARELLA, H. 2020. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **In:** CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS J. R. D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, p. 218-220. (Boletim Técnico 100).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as hipóteses testadas inicialmente, conclui-se que:

- A coinoculação das bactérias promotoras de crescimento associadas ao *R. tropici* nas sementes auxiliam no desenvolvimento e produção do feijoeiro, aumentando sua resposta em um sistema consolidado no campo;
- As BPCPs que se destacaram foram o *B. subtilis*, *N. amazonense* e *P. aryabhattai*, principalmente nos benefícios fisiológicos à planta;
- Já o monitoramento de leituras através do clorofilômetro portátil ainda deve-se intensificar os estudos para a cultura do feijoeiro, porém no estudo apresentou uma forma útil de evitar desperdícios com fertilizantes nitrogenados;
- Altas doses de fertilizantes nitrogenados gera contaminação do meio ambiente e gastos desnecessários, havendo consumo de luxo para as plantas e redução de lucratividade para os produtores;
- Quando utilizado o manejo integrado com a coinoculação de BPCPs e *R. tropici* em conjunto com o clorofilômetro portátil, possibilitou economia no custo operacional em relação ao uso de insumos nitrogenados, em destaque para coinoculação do *N. amazonense* e *P. aryabhattai*.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1. Médias e ISN calculados através de repetições no campo, com feijoeiro IAC 2051. Selvíria – MS.

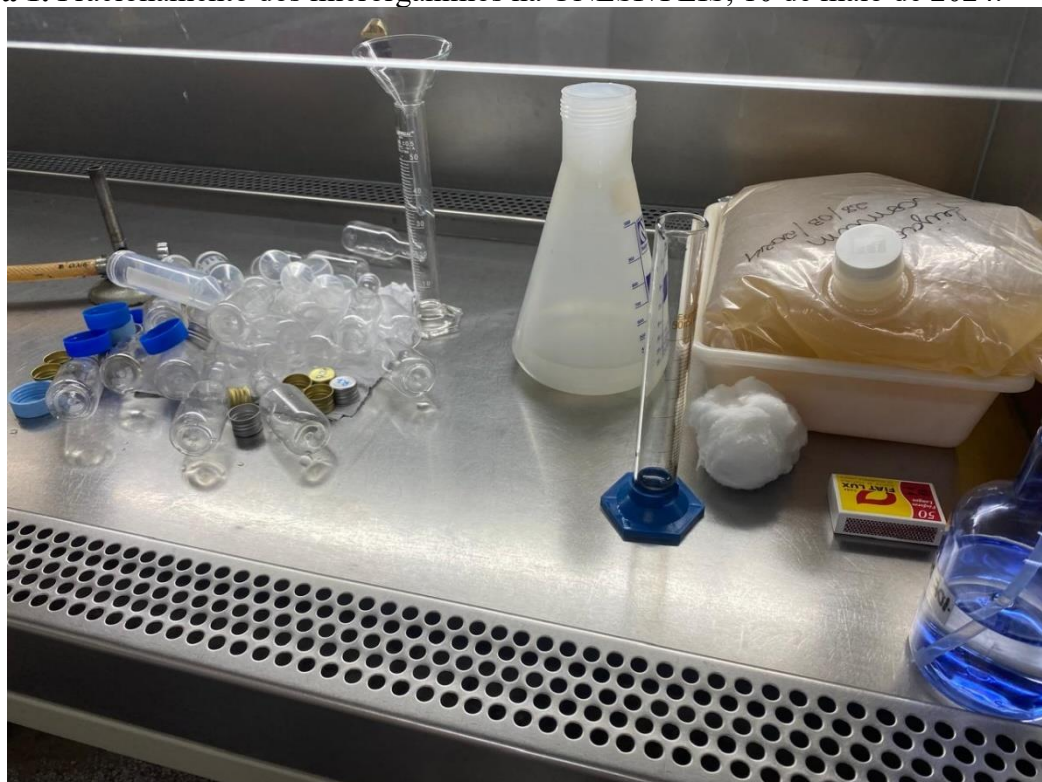
Tratamentos	14 DAE	21 DAE	28 DAE	35 DAE	42 DAE	49 DAE
	ISN (%)	ISN (%)	ISN (%)	ISN (%)	ISN (%)	ISN (%)
T1	90	97	98	91	94	93
T1-Rh	90	100	101	90	92	90
T2	92	97	102	88	99	98
T2-Rh	90	98	98	89	94	95
T3	referência	referência	referência	referência	referência	referência
T3-Rh	referência	referência	referência	referência	referência	referência
T4	90	97	103	95	101	97
T4-Rh	94	102	99	98	100	96
T5	91	95	99	89	99	96
T5-Rh	91	98	98	86	92	93
T6	90	98	98	91	97	95
T6-Rh	96	98	98	90	93	91
T7	92	99	99	87	96	97
T7-Rh	90	100	97	87	94	93
T8	97	97	100	86	96	93
T8-Rh	92	99	99	91	94	93

Nota: T1: controle sem N em cobertura. T2: metade do N recomendado em cobertura. T3: tratamento referência. T4: adubação de N recomendada em cobertura. T5: *A. brasilense*. T6: *N. amazonense*. T7: *P. aryabhatai*. T8: *B. subtilis*. - Rh: inoculação de *R. tropici* nas sementes.

Fonte: Próprio autor

APÊNDICE A – Fotos do experimento

Figura 1. Fracionamento dos microrganismos na UNESP/FEIS, 10 de maio de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 2A. Sementes utilizadas no experimento. **2B.** Tratamento de sementes com Standak Top® e *R. tropici*. Selvíria – MS, 13 de maio de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 3. Semeadura do IAC 2051. Selvíria – MS, 13 de maio de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 4. Pulverização dos microrganismos benéficos via foliar. Selvíria – MS, 28 de maio de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 5. Aferição indireta do N com clorofilômetro portátil. Selvíria – MS, 03 de junho de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 6. Adubação nitrogenada em parcelas necessárias e verificação de nódulos do feijoeiro. Selvíria – MS, 27 de junho de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 7. Acompanhamento da cultura em seus estágios. Selvíria – MS, 09 de julho de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 8. Aferição indireta de N com clorofilômetro portátil e registro do início do estágio reprodutivo do IAC 2051, aos 44 DAE. Selvíria – MS.



Fonte: Próprio autor

Figura 9. Registro do início do estágio reprodutivo do IAC 2051, aos 44 DAE. Selvíria – MS.



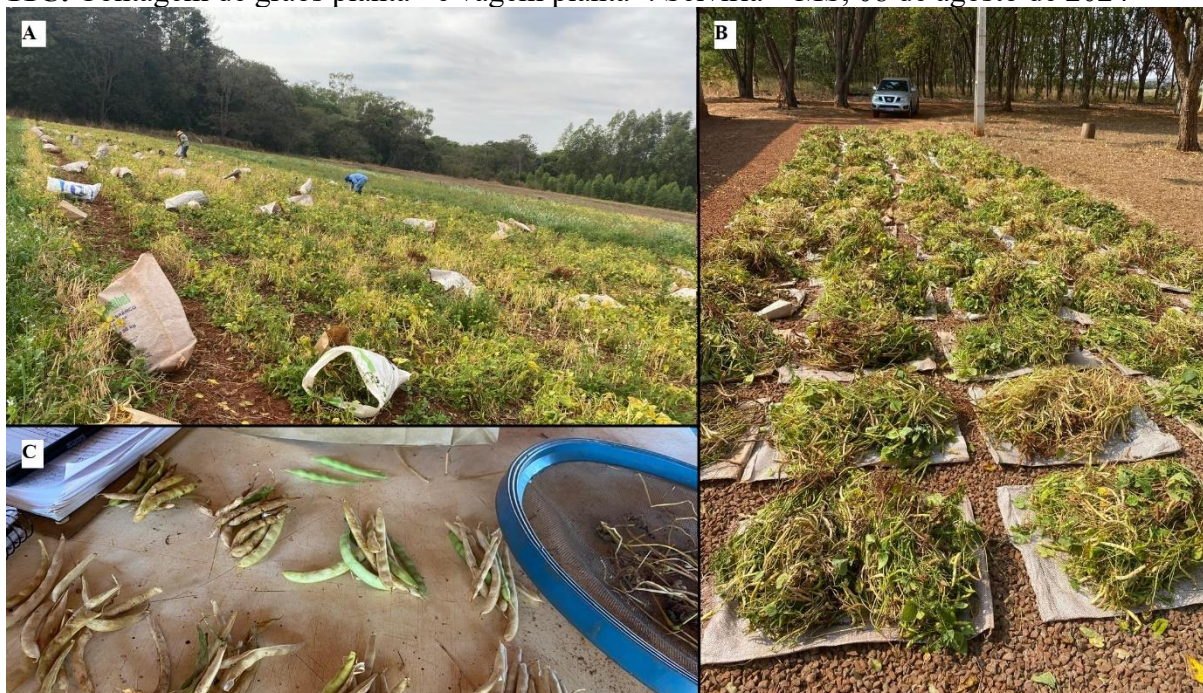
Fonte: Próprio autor

Figura 10. Estádio reprodutivo do IAC 2051, com enchimento de grãos (R8). Selvíria – MS, 30 de julho de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 11A. Colheita do IAC 2051. **11B.** Feijoeiro dispostos para reduzir umidade das plantas. **11C.** Contagem de grãos planta^{-1} e vagem planta^{-1} . Selvíria – MS, 08 de agosto de 2024



Fonte: Próprio autor

Figura 12. Análise de produtividade do IAC 2051. Selvíria – MS, 21 de agosto de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 13. Análise de peneiras. UNESP/FEIS, 02 de setembro de 2024.



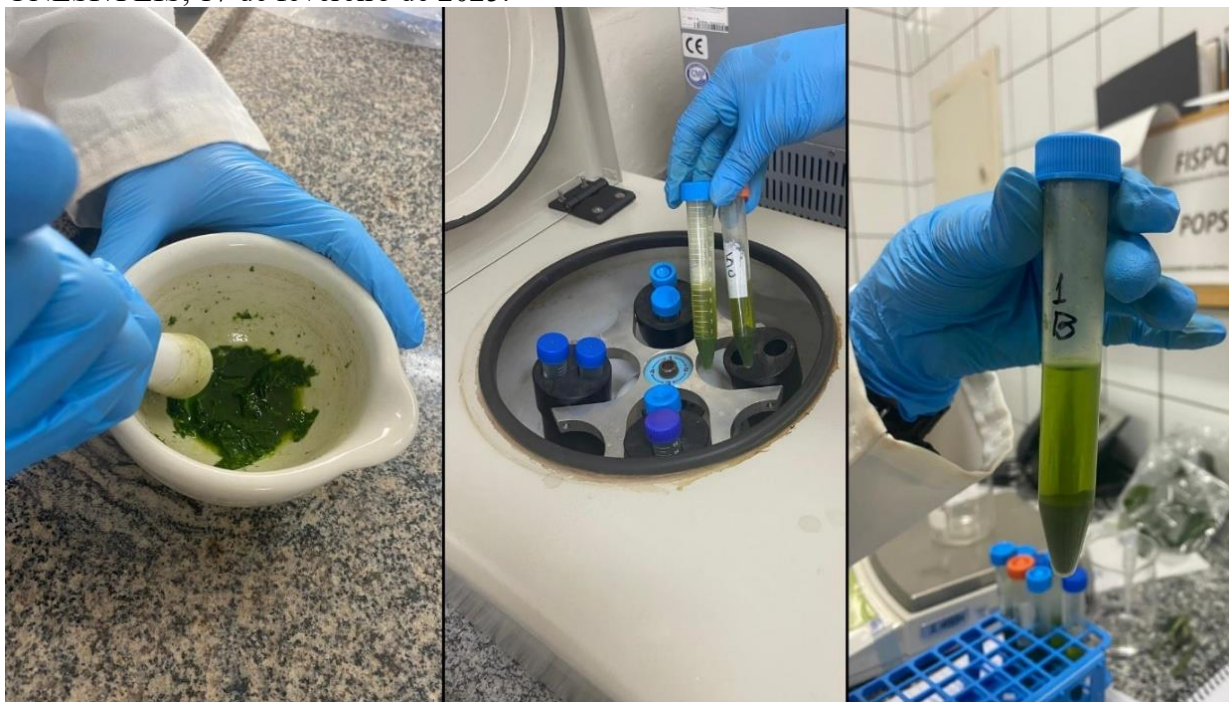
Fonte: Próprio autor

Figura 14A. Medição de folhas moídas (100 g) e **14B.** Análise de N foliar após medição. UNESP/FEIS, 17 de setembro de 2024.



Fonte: Próprio autor

Figura 15. Processo inicial para análise de componentes nitrogenados no IAC 2051. UNESP/FEIS, 17 de fevereiro de 2025.



Fonte: Próprio autor

Figura 16. Análise de pigmentos no IAC 2051. UNESP/FEIS, 18 de fevereiro de 2025.



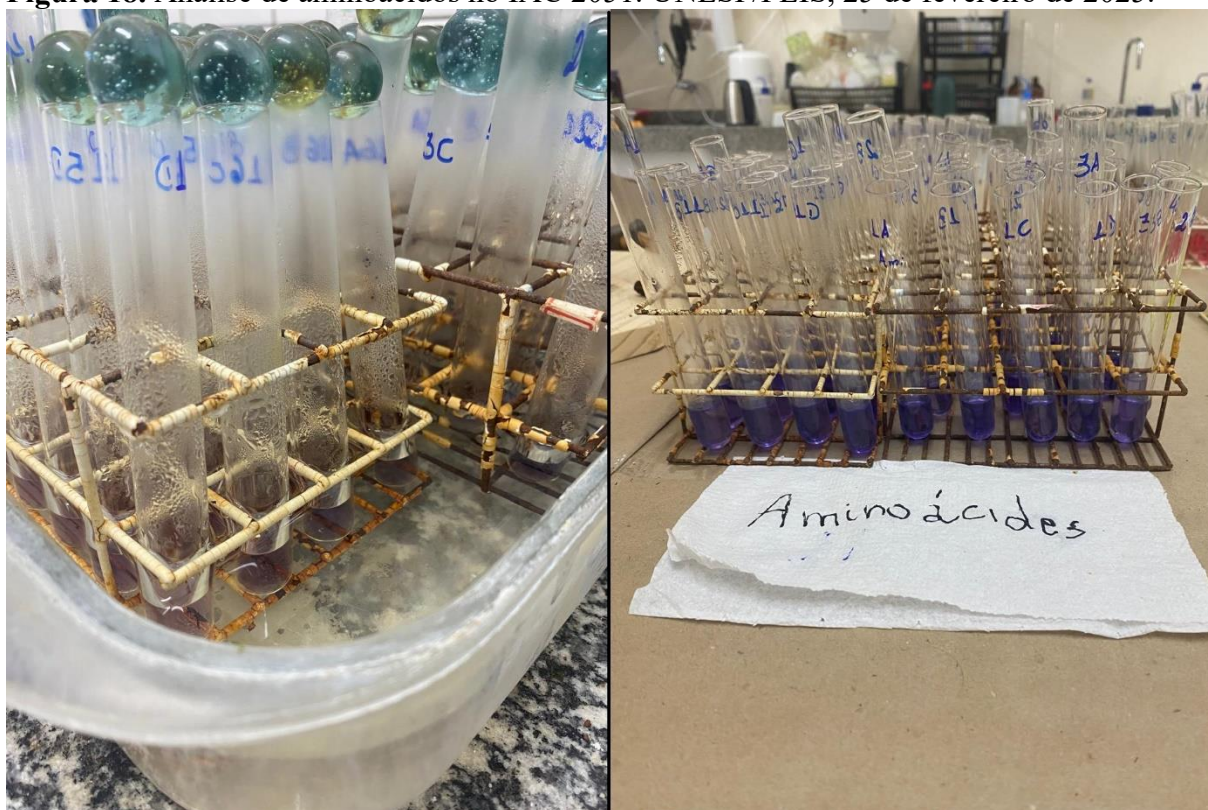
Fonte: Próprio autor

Figura 17. Análise de nitrato no IAC 2051. UNESP/FEIS, 19 de fevereiro de 2025.



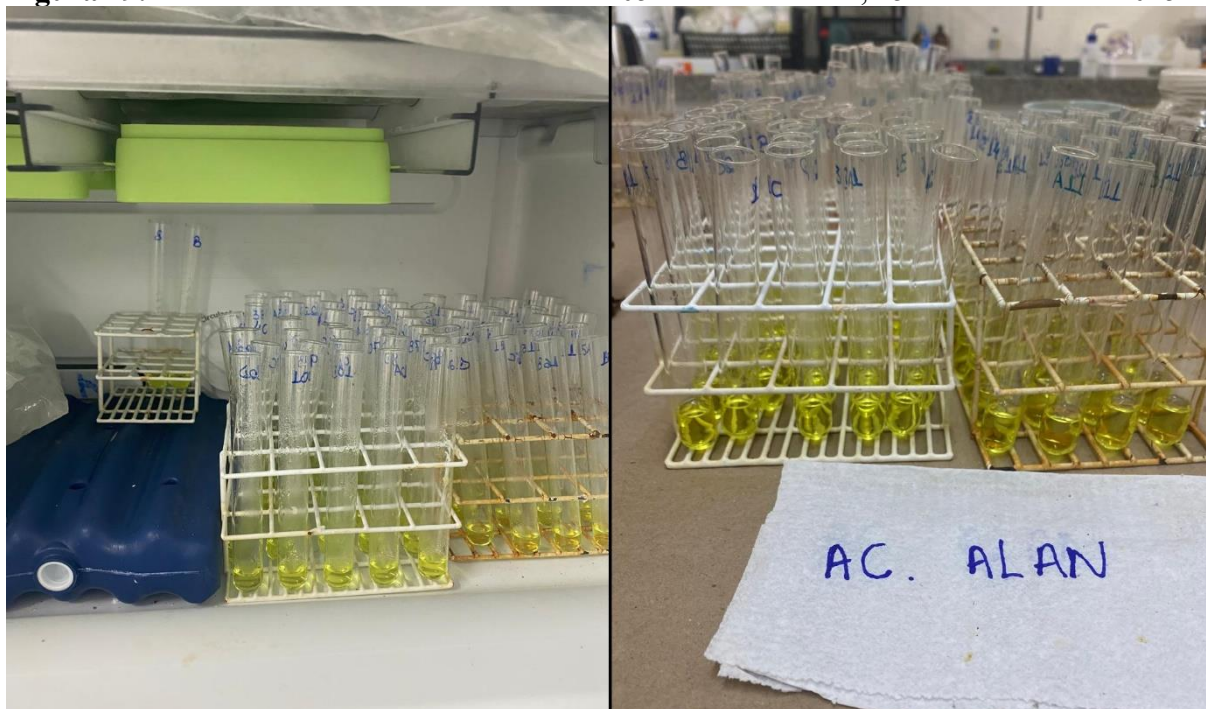
Fonte: Próprio autor

Figura 18. Análise de aminoácidos no IAC 2051. UNESP/FEIS, 25 de fevereiro de 2025.



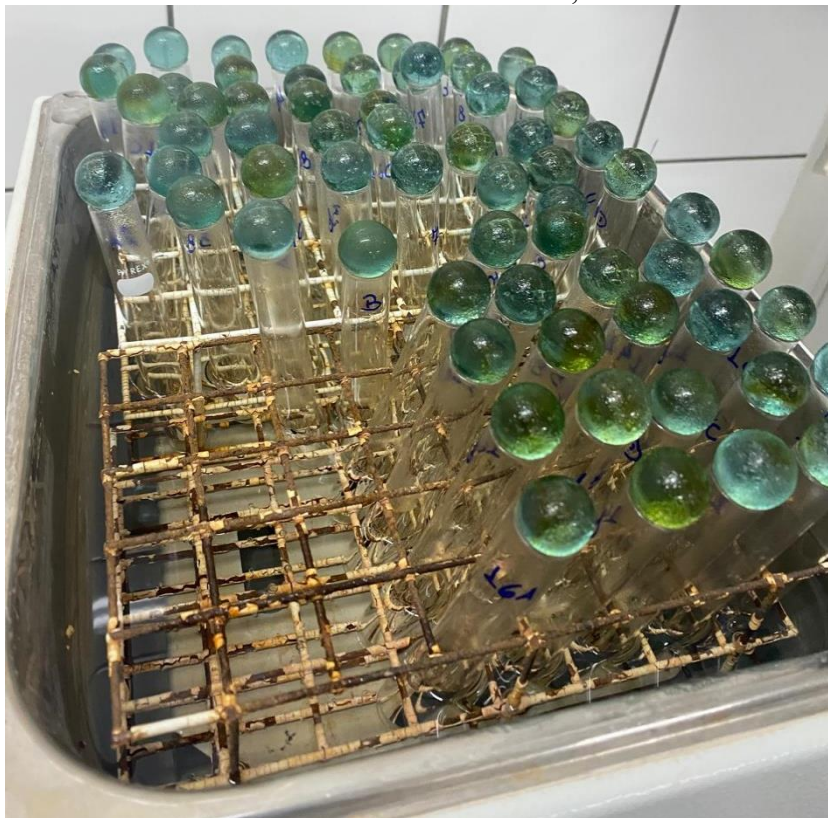
Fonte: Próprio autor

Figura 19. Análise de ácido alantóico no IAC 2051. UNESP/FEIS, 25 de fevereiro de 2025.



Fonte: Próprio autor

Figura 20. Análise de amônia no IAC 2051. UNESP/FEIS, 25 de fevereiro de 2025.



Fonte: Próprio autor

Figura 21. Análise de ureídeos no IAC 2051. UNESP/FEIS, 25 de fevereiro de 2025.



Fonte: Próprio autor