

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
CAMPUS URUTAI**

MARIELA DO AMARAL SILVA

**BIOINSUMOS APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA MELHORIA DA
QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO NA CULTURA DA BANANA**

Urutai, GO
2026

MARIELA DO AMARAL SILVA

**BIOINSUMOS APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA MELHORIA DA
QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO NA CULTURA DA BANANA**

Relato de experiencia apresentada à Banca
Examinadora do Curso de especialização
em Bioinsumos Instituto Federal Goiano
como exigência parcial para obtenção do
título de especialista.
Orientador: Me. Adriano Martins Barbosa

Urutai, GO
2026

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

S586	Silva, Mariela do Amaral BIOINSUMOS APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA MELHORIA DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO NA CULTURA DA BANANA / Mariela do Amaral Silva. Urutai 2026. 20f. il. Orientador: Prof. Me. Adriano Martins Barbosa. Tcc (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de 0130426 - Especialização em Bioinsumos - Urutai (Campus Urutai). 1. bioinsumos microbiologia do solo; fertirrigação; controle biológico.. 2. bananicultura. 3. Microbiologia do solo. 4. Fertirrigação. 5. Manejo biológico. I. Título.
------	--

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

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

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|---|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☒ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Mariela do Amaral Silva

Matrícula:

2024101304260010

Título do trabalho:

BIOINSUMOS APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA MELHORIA DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

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

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

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Documento assinado digitalmente
 **MARIELA DO AMARAL SILVA**
Data: 13/08/2026 17:47:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Urutai

Local

/ /

Data

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO MARTINS BARBOSA**
Data: 13/08/2026 19:32:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

direitos autorais

Assinatura do(a) orientador(a)

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 3 CEBIO/IF Goiano

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos onze dias do mês de maio de dois mil e vinte e seis, às 10 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Adriano Martins Barbosa (orientador), Prof.(a) Carmem Rosa da Silva Curvelo e Prof. Anderson Dias Vaz de Souza, para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado : **RELATO DE EXPERIÊNCIA COM BIOINSUMOS EM SISTEMA IRRIGADO DE BANANICULTURA de MARIELA DO AMARAL SILVA**, estudante do curso de Especialização latto sensu em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Urutaí, sob Matrícula nº 2024101304260010 . A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Campus Urutaí, 14 de maio de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO MARTINS BARBOSA**
Data: 14/05/2026 11:14:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Adriano Martins Barbosa

Orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **CARMEN ROSA DA SILVA CURVELO**
Data: 14/05/2026 10:42:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carmen Rosa da Silva Curvelo

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON DIAS VAZ DE SOUZA**
Data: 14/05/2026 10:58:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Anderson Dias Vaz de Souza

Membro da Banca Examinadora

Ao meu esposo Atilio Roberto Ragozoni Junior,
meus filhos Francisco e Henrique e aos meus pais,
Maria Conceição do Amaral, e Mario Luiz da
Silva, que sempre expressaram seu suporte, e ajuda
em toda etapa acadêmica.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, nosso senhor Jesus Cristo e Nossa Senhora, por sempre me guiarem e iluminarem meu caminho, me dando forças e permitindo que esta conquista fosse realizada.

Ao meu esposo, Atilio Roberto Ragozoni Junior, que sempre me inspirou, incentivou e apoiou minhas escolhas, nunca medindo esforços para me ajudar.

Aos meus filhos, Francisco Amaral Ragozoni e Henrique Amaral Ragozoni, que na fase final estavam no meu ventre, e são a grande realização de um sonho, meu infinito amor.

Aos meus pais, Mario Luiz da Silva e Maria Conceição do Amaral, que estiveram presentes em momentos importantes ao longo do caminho, servindo de base, fornecendo amor e carinho.

Ao meu orientador, Adriano Martins Barbosa, pela dedicação, paciência e valiosa orientação ao longo de todo este trabalho, contribuindo de forma apreciável para minha formação acadêmica.

Aos meus professores, por todos os conhecimentos ensinados, a todas as experiências compartilhadas e a todo respeito sempre mantido.

Ao Instituto Federal Goiano pelo suporte, Programa de Pós-Graduação em Bioinsumos, juntamente com CEBIO, por todo suporte para realização das atividades.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

RESUMO

A bananicultura representa uma das atividades frutícolas de maior relevância econômica, social e alimentar em regiões tropicais e subtropicais, destacando-se pela alta capacidade de geração de renda e pela importância nutricional da fruta. Entretanto, limitações fitossanitárias, especialmente aquelas relacionadas a patógenos habitantes do solo e nematoides fitoparasitas, têm comprometido a sustentabilidade produtiva da cultura em diferentes regiões produtoras. Diante desse cenário, o uso de bioinsumos vem sendo considerado uma estratégia promissora dentro dos sistemas agrícolas sustentáveis. O presente trabalho teve como objetivo relatar a experiência de aplicação de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, Bokashi e microrganismos eficientes (EM) via fertirrigação em sistema de microaspersão, em área experimental cultivada com diferentes genótipos de bananeira no Instituto Federal Goiano, Campus de Urutaí. O experimento foi conduzido com espaçamento de 2×2 m, utilizando cultivares dos grupos Prata, Cavendish, Maçã e Terra. As aplicações tiveram início em 2024, com intervalo semestral, utilizando concentração microbiológica entre 10^8 e 10^9 UFC mL⁻¹ e dose de 2 L ha⁻¹. As avaliações foram realizadas com base em observações visuais de campo e análises químicas, físicas e biológicas do solo. Os resultados indicaram solo favorável ao desenvolvimento microbiano, com boa fertilidade química, atividade enzimática alta e melhoria visual do sistema radicular. Os dados sugerem que a integração entre fertilidade do solo, diversidade microbiana e aplicação contínua de bioinsumos pode contribuir para sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis.

Palavras-chave: bioinsumos; bananicultura; microbiologia do solo; fertirrigação; manejo biológico.

ABSTRACT

Banana cultivation represents one of the most economically, socially, and nutritionally relevant fruit-growing activities in tropical and subtropical regions, standing out for its high income-generating capacity and the nutritional importance of the fruit. However, phytosanitary limitations, especially those related to soil-borne pathogens and phytoparasitic nematodes, have compromised the productive sustainability of the crop in different producing regions. In this context, the use of bio-inputs has been considered a promising strategy within sustainable agricultural systems. This study aimed to report the experience of applying *Trichoderma harzianum**, *Bacillus subtilis**, Bokashi, and efficient microorganisms (EM) via fertigation in a micro-sprinkler system, in an experimental area cultivated with different banana genotypes at the Instituto Federal Goiano, Urutaí Campus. The experiment was conducted with a spacing of 2×2 m, using cultivars from the Prata, Cavendish, Maçã, and Terra groups. Applications began in 2024, with a six-month interval, using a microbiological concentration between 10^8 and 10^9 CFU mL⁻¹ and a dose of 2 L ha⁻¹. Evaluations were carried out based on visual field observations and chemical, physical, and biological analyses of the soil. The results indicated a soil environment favorable to microbial development, with good chemical fertility, high enzymatic activity, and visual improvement of the root system. The data suggest that the integration between soil fertility, microbial diversity, and continuous application of bioinputs can contribute to more resilient and sustainable production systems.

Keywords: bioinputs; banana cultivation; soil microbiology; fertigation; biological management.

LISTA DE TABELAS

Figura 1. Relação do grupo genético e cultivar utilizado.

Tabela 1. Comparação entre os laboratórios- Atributos químicos do solo da área experimental de bananicultura.

Tabela 2. Comparação entre os laboratórios- Atributos físicos do solo da área experimental de bananicultura.

Tabela 3. Comparação entre os laboratórios- Atributos biológicos do solo da área experimental de bananicultura.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES	18
5. REFERÊNCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) constitui uma das frutas de maior importância econômica e alimentar em escala global, sendo cultivada em mais de 130 países e produzida majoritariamente em regiões tropicais e subtropicais. Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations, a produção mundial ultrapassa 135 milhões de toneladas anuais, posicionando a cultura entre as frutas mais consumidas globalmente, tanto em países desenvolvidos quanto em economias emergentes (FAO, 2024). Além de seu valor comercial, a banana possui alta relevância nutricional, sendo fonte de carboidratos, fibras, vitaminas e minerais, o que amplia sua importância na segurança alimentar de populações em desenvolvimento (PERRIER et al., 2019).

No Brasil, a bananicultura ocupa posição estratégica dentro do agronegócio frutícola nacional. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, a produção brasileira supera 6,8 milhões de toneladas anuais na safra 2024, distribuídas em aproximadamente 460 mil hectares cultivados. A cultura está presente em praticamente todas as regiões produtoras do país, apresentando maior representatividade nos estados da Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Pará (CONAB, 2025).

O Brasil, tem uma diversidade genética que permite ampla adaptação. Cultivares do grupo Prata apresentam maior rusticidade, enquanto cultivares Cavendish possuem maior potencial de exportação (DONATO et al., 2018). Robinson e Galán-Saúco (2010) relatam que materiais Cavendish tendem a apresentar maior sensibilidade a solos mal drenados.

Além do impacto econômico, a cadeia produtiva da banana apresenta alta importância social, sobretudo em sistemas de agricultura familiar, nos quais a cultura frequentemente representa uma das principais fontes de renda.

A evolução dos programas de melhoramento genético conduzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), permitiu a disponibilização de novos materiais genéticos com maior produtividade, rusticidade e resistência a doenças. Entre esses materiais destacam-se as cultivares BRS Catarina, BRS Platina, BRS Princesa, além de materiais tradicionais dos grupos Cavendish e Terra, como Grand Naine, Williams e Farta Velhaco, que apresentam diferentes níveis de adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, alta radiação solar, temperaturas altas e regimes de chuvas variáveis. Predominam solos como Latossolos (profundos e ácidos) no Cerrado, enquanto o clima varia de Equatorial (úmido) a Semiárido (seco) e tropical, exigindo manejo adequado e, frequentemente, correção de fertilidade para produção. (DONATO et al., 2018; ALVES et al., 2020).

Apesar da ampla adaptabilidade da cultura, diversos fatores fitossanitários limitam a produtividade dos bananais comerciais. Entre esses, as doenças de solo e os nematoides fitoparasitas representam um dos principais desafios para a sustentabilidade produtiva. Patógenos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium spp.* e *Ralstonia solanacearum*, podem comprometer severamente o sistema radicular, reduzindo a absorção de água e nutrientes, comprometendo a estabilidade mecânica das plantas e reduzindo a longevidade dos bananais (PLOETZ, 2015; DITA et al., 2018).

As doenças radiculares constituem um dos principais fatores responsáveis pela redução de produtividade em sistemas comerciais de banana. O mal-do-Panamá, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, é considerado uma das doenças mais destrutivas da cultura em escala

mundial, podendo inviabilizar áreas produtivas por décadas devido à persistência do patógeno no solo (PLOETZ, 2015).

Além disso, fungos como *Rhizoctonia solani* e *Pythium* spp. promovem podridões radiculares, especialmente em condições de alta umidade e compactação do solo (DITA et al., 2018).

De forma complementar, nematoides fitoparasitas como *Radopholus similis*, *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp., promovem lesões no córtex radicular, predispondo as plantas ao tombamento, devido à sua capacidade de destruir o sistema cortical radicular, exerce grande impacto, principalmente em áreas de monocultivo e manejo inadequado e à infecção secundária por microrganismos oportunistas (SPEIJER et al., 2010; QUÉNÉHERVÉ, 2009). Em áreas irrigadas e com manejo intensivo, esses problemas tendem a ser ainda mais expressivos.

Nesse contexto, a utilização de bioinsumos surge como alternativa promissora ao uso excessivo de produtos químicos, alinhando-se às diretrizes do Programa Nacional de Bioinsumos e aos princípios da agricultura regenerativa. Microrganismos como *Trichoderma harzianum* e *Bacillus subtilis*, associados a tecnologias como Bokashi e microrganismos eficientes (EM), têm demonstrado alta eficiência na promoção de crescimento vegetal, indução de resistência e supressão de patógenos de solo (BETTIOL; MORANDI, 2009; HARMAN et al., 2004).

Trichoderma harzianum é amplamente reconhecido como um dos principais agentes de controle biológico utilizados na agricultura moderna. Seu sucesso agrônômico está associado à alta plasticidade ecológica, rápida colonização da rizosfera e múltiplos mecanismos de ação (HARMAN et al., 2004).

Entre seus principais mecanismos destacam-se, competição por nutrientes, produção de antibióticos, secreção de enzimas líticas, micoparasitismo, indução de resistência sistêmica. Além disso, estudos recentes demonstram sua capacidade de aumentar a absorção de fósforo, estimular crescimento radicular e modular positivamente o microbioma da rizosfera (POVEDA, 2021; VINALE et al., 2008).

Bacillus subtilis destaca-se pela capacidade de formação de endósporos, característica que garante alta sobrevivência em condições adversas (KLOEPPER et al., 2004). Sua atuação agrônômica está relacionada à produção de: surfactinas, iturinas, fengicinas, sideróforos, fitohormônios. Esses compostos favorecem tanto o controle de fitopatógenos quanto o crescimento vegetal (ONGENA; JACQUES, 2008; FAN et al., 2018).

O Bokashi consiste em um composto orgânico fermentado obtido pela associação de resíduos vegetais, fontes minerais e inoculantes microbianos. Seu uso promove incremento da matéria orgânica, melhoria da agregação do solo e aumento da atividade microbiana (SOUZA; RESENDE, 2014). Pesquisas recentes demonstram aumento significativo da biomassa microbiana em solos manejados com Bokashi (LIU et al., 2020).

A tecnologia EM (Microrganismos eficientes), desenvolvida por Teruo Higa, baseia-se na associação de bactérias ácido-láticas, leveduras, actinobactérias e bactérias fotossintéticas (HIGA; PARR, 1994). Sua aplicação promove: equilíbrio microbiológico, supressão de

microrganismos oportunistas, aceleração da decomposição, aumento da disponibilidade nutricional. (HU; QI, 2013; YAMADA et al., 2019).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo relatar a experiência de aplicação desses bioinsumos via fertirrigação no sistema de microaspersão em área experimental de bananicultura no Cerrado goiano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, no município de Urutaí - GO, situado a 17°29'7.10"S, 48°12'40.51"O, altitude de 726 m localizado na região Sudeste do estado de Goiás, inserida no bioma Cerrado, caracterizada por clima tropical sazonal, classificado como Aw segundo Köppen, com estação seca definida e temperatura média anual entre 22 e 25°C, precipitação média anual entre 1.200 e 1.600 mm.

A área experimental foi implantada em sistema irrigado por microaspersão, com espaçamento de 2,0 m × 2,0 m, contendo diferentes genótipos de bananeira distribuídos em campo. A escolha desses materiais ocorreu em função da diversidade genética, adaptação regional e contrastes fisiológicos entre grupos genômicos, permitindo avaliação comparativa das respostas ao manejo biológico.

Os materiais avaliados foram:

Grupo Genético	Cultivar
Prata	BRS Catarina
Prata	BRS Platina
Cavendish	Grand Naine
Cavendish	Williams
Maçã	BRS Princesa
Terra	Farta Velhaco

Figura 1. Relação do grupo genético e cultivar utilizado

As formulações microbiológicas utilizadas no experimento foram produzidas no laboratório do Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO), apresentando alta viabilidade celular e concentração microbiológica variando entre 10^8 e 10^9 unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC mL⁻¹). Essa faixa de concentração é considerada adequada para aplicações agrícolas envolvendo agentes de controle biológico, uma vez que proporciona densidade populacional suficiente para colonização eficiente da rizosfera, estabelecimento no solo e interação direta com a microbiota nativa do solo. Segundo Gary E. Harman et al. (2004), concentrações altas de propágulos microbianos favorecem maior persistência e eficiência de agentes biológicos no controle de patógenos radiculares. De forma complementar, Kloepper et

al. (2004) relatam que a manutenção de populações microbianas ativas no solo é um dos principais fatores associados ao sucesso agrônômico de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Os tratamentos biológicos utilizados foram:

Trichoderma harzianum

Fungo filamentosos com ação antagonista sobre fitopatógenos de solo, atuando por mecanismos de competição, antibiose, micoparasitismo e indução de resistência sistêmica (HARMAN et al., 2004).

Bacillus subtilis

Bactéria promotora de crescimento vegetal com capacidade de produção de metabólitos antimicrobianos, sideróforos e compostos indutores de resistência (KLOEPPER et al., 2004).

Bokashi líquido

Composto orgânico fermentado com expressiva atividade microbiana, utilizado para enriquecimento biológico e nutricional do solo (LIU et al., 2020).

EM (Microrganismos eficientes)

Consórcio microbiológico composto por bactérias ácido-láticas, leveduras e actinobactérias, visando equilíbrio microbiológico e melhoria da atividade biológica do solo (HIGA; PARR, 1994).

A aplicação dos bioinsumos foi realizada via fertirrigação, utilizando o sistema de irrigação por microaspersão previamente instalado na área experimental, estratégia que permitiu distribuição uniforme dos microrganismos na região de maior atividade radicular das plantas. Para cada aplicação, foi utilizada dose equivalente a 2 litros por hectare de cada bioinsumo, buscando promover colonização contínua da rizosfera e maior interação entre os agentes biológicos, o sistema radicular e o solo. O manejo foi conduzido com aplicações semanais, visando manter expressiva atividade microbiana no solo ao longo do período experimental e estabelecer pressão biológica constante sobre organismos fitopatogênicos, especialmente aqueles associados ao complexo de doenças radiculares e aos nematoides presentes na rizosfera. Segundo Ongena e Jacques (2008), aplicações sucessivas de agentes biológicos favorecem maior estabilidade populacional dos microrganismos introduzidos, potencializando seus efeitos sobre a sanidade do solo e o desenvolvimento vegetal.

Embora não tenha sido realizada análise nematológica laboratorial quantitativa, o protocolo experimental foi estruturado com base nos princípios biológicos de supressão populacional de nematoides fitoparasitas.

O objetivo das aplicações foi reduzir a pressão populacional no solo, interferir na eclosão de juvenis, dificultar a mobilidade no sistema radicular, reduzir processos de alimentação, interromper o ciclo reprodutivo, especialmente oviposição.

Segundo Quénéhervé (2009), o manejo contínuo da microbiota do solo pode reduzir significativamente a taxa de multiplicação de nematoides. Estudos conduzidos por Sikora et al.

(2018) demonstram que rizobactérias e fungos antagonistas podem atuar diretamente sobre: ovos, juvenis de segundo estágio, fêmeas em processo de reprodução. A aplicação semanal buscou justamente criar pressão microbiológica constante durante os estágios críticos de desenvolvimento dos nematoides.

Após a conclusão do ciclo de aplicações dos bioinsumos, iniciou-se o período de monitoramento para avaliação dos efeitos promovidos pelo manejo microbiológico sobre as plantas e sobre o solo. A primeira avaliação foi realizada 15 dias após a última aplicação, período considerado suficiente para o estabelecimento inicial dos microrganismos na rizosfera e início das interações biológicas com o sistema radicular. A segunda avaliação ocorreu 30 dias após a última aplicação, mantendo-se um intervalo de 15 dias entre as avaliações, com o objetivo de observar a persistência dos efeitos promovidos pelos bioinsumos ao longo do tempo. Esse intervalo foi adotado considerando que muitos dos efeitos fisiológicos relacionados à colonização microbiana, indução de resistência e modulação da microbiota do solo ocorrem de forma gradual, podendo ser observados visualmente nas semanas subsequentes à inoculação (HARMAN et al., 2004; ONGENA; JACQUES, 2008).

As avaliações foram conduzidas visualmente em campo, priorizando características diretamente relacionadas à sanidade radicular, ao vigor vegetativo e à qualidade física do solo. No sistema radicular, foram observados parâmetros como emissão de novas raízes, coloração radicular, presença de tecidos necrosados e quantidade de raízes funcionais, indicadores amplamente utilizados para inferir a saúde do sistema subterrâneo e possíveis efeitos de organismos fitopatogênicos, incluindo nematoides e fungos habitantes do solo (QUÉNÉHERVÉ, 2009; SPEIJER et al., 2010). A emissão de raízes jovens e a presença de tecidos com coloração clara foram consideradas indicativas de atividade fisiológica satisfatória, enquanto raízes escurecidas ou necrosadas foram associadas a processos de estresse biótico ou comprometimento funcional do sistema radicular.

Na parte aérea das plantas, foram avaliados aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetativo, incluindo emissão foliar, coloração das folhas, vigor geral da planta e desenvolvimento do pseudocaule. Esses parâmetros são frequentemente associados ao equilíbrio fisiológico da cultura e refletem, de maneira indireta, a eficiência do sistema radicular na absorção de água e nutrientes (ROBINSON; GALÁN-SAÚCO, 2010). Folhas com coloração verde intensa, maior taxa de emissão foliar e pseudocauls mais vigorosos foram considerados indicadores positivos da interação entre planta, solo e microrganismos introduzidos. Segundo Fan et al. (2018), a ação de bactérias promotoras de crescimento, como *Bacillus subtilis*, pode influenciar diretamente a síntese de fitormônios, contribuindo para melhorias fisiológicas observáveis na parte aérea das plantas.

Além das avaliações vegetais, também foram realizadas observações relacionadas às condições físicas e biológicas do solo, incluindo umidade superficial, estabilidade estrutural, agregação das partículas e presença de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição. Essas observações permitiram identificar possíveis alterações na dinâmica do ambiente rizosférico após a aplicação dos bioinsumos. Solos com melhor agregação, maior estabilidade estrutural e presença ativa de matéria orgânica em decomposição geralmente apresentam maior atividade microbiana e melhor funcionamento dos processos de ciclagem de nutrientes (BARDGETT; VAN DER PUTTEN, 2014; NANNIPIERI et al., 2012). As observações obtidas em campo foram comparadas entre os diferentes cultivares avaliados, buscando identificar respostas fisiológicas e morfológicas associadas tanto à genética dos

materiais quanto à interação específica entre cada cultivar e os agentes microbiológicos aplicados.

Para complementar as avaliações visuais de campo, foram realizadas análises laboratoriais de solo, permitindo correlação entre os atributos químicos, físicos e biológicos da área experimental. As amostras foram coletadas em 03 de setembro de 2025, na profundidade de 0 a 20 cm, na região de maior concentração radicular, local em que normalmente ocorre maior atividade microbiana e maior interação entre exsudatos radiculares e microrganismos do solo (BAREA et al., 2005). A escolha dessa profundidade foi baseada na distribuição predominante do sistema radicular ativo da bananeira, especialmente em áreas conduzidas sob irrigação localizada.

As amostras foram encaminhadas para dois laboratórios distintos, com objetivos analíticos complementares. O laboratório foi responsável pela caracterização química e física do solo, sendo avaliados parâmetros como pH, fósforo disponível, potássio trocável, cálcio, magnésio, alumínio, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases e textura do solo. Esses atributos são considerados fundamentais para o manejo da fertilidade e para a interpretação do potencial produtivo da cultura, uma vez que influenciam diretamente a disponibilidade de nutrientes, o desenvolvimento radicular e a atividade microbiana do solo (MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 2011).

O laboratório, utilizando a metodologia BioAS desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, foi responsável pela caracterização biológica do solo, por meio da avaliação de enzimas relacionadas à atividade microbiana, como beta-glicosidase e arilsulfatase, além da determinação do índice de qualidade biológica do solo. A beta-glicosidase está diretamente associada à ciclagem do carbono e à decomposição de resíduos orgânicos, enquanto a arilsulfatase participa da mineralização do enxofre, sendo ambas amplamente utilizadas como bioindicadores da saúde do solo (TABATABAI, 1994; NANNIPIERI et al., 2012). A integração entre os resultados químicos e biológicos permitiu uma interpretação mais ampla do sistema de produção, possibilitando correlacionar fertilidade, atividade microbiana e resposta das plantas ao manejo com bioinsumos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação dos resultados obtidos foi realizada com base na integração entre as avaliações visuais de campo, atributos químicos e físicos do solo, bem como indicadores biológicos provenientes da análise enzimática do solo. De forma geral, os resultados demonstraram que a área experimental apresentava condições químicas favoráveis ao desenvolvimento da cultura da banana, associadas a expressiva atividade microbiana, fatores que podem ter potencializado o estabelecimento dos bioinsumos aplicados.

Parâmetro	Safrar	Solo & Companhia
pH	6,50 (água) / 6,20 (CaCl ₂)	6,05 (CaCl ₂)
Fósforo (P)	69,63 mg/dm ³	48,97 mg/dm ³
Potássio (K)	14,98 mg/dm ³ (0,42 cmolc/dm ³)	250,00 mg/dm ³ (0,64 cmolc/dm ³)
Cálcio (Ca)	4,23 cmolc/dm ³	4,73 cmolc/dm ³
Magnésio (Mg)	1,77 cmolc/dm ³	1,42 cmolc/dm ³
Alumínio (Al)	0,00 cmolc/dm ³	0,00 cmolc/dm ³
H + Al	1,78 cmolc/dm ³	2,23 cmolc/dm ³
CTC (pH 7)	8,20 cmolc/dm ³	9,02 cmolc/dm ³
CTC efetiva	6,42 cmolc/dm ³	6,79 cmolc/dm ³
Soma de Bases (SB)	6,42 cmolc/dm ³	6,79 cmolc/dm ³
Saturação por Bases (V%)	78%	75,28%
Matéria Orgânica (MO)	30,7 g/dm ³	33,67 g/kg
Carbono Orgânico (C.O.)	17,8 g/kg	19,55 g/kg
Argila	360 g/kg	303 g/kg
Silte	130 g/kg	77,19 g/kg
Areia	510 g/kg	619,69 g/kg
Enxofre (S)	—	1,80 mg/dm ³

Tabela 1. Comparação entre os laboratórios- Atributos químicos do solo da área experimental de bananicultura

A análise química do solo revelou pH em água de 6,5, condição considerada ideal para a bananeira, uma vez que favorece a disponibilidade da maioria dos nutrientes essenciais, reduz a toxicidade por alumínio e proporciona ambiente adequado para o desenvolvimento microbiano. Segundo Malavolta (2006), valores de pH entre 5,5 e 6,8 representam a faixa de maior eficiência nutricional para culturas tropicais. A ausência de alumínio trocável (Al = 0,00 cmolc dm⁻³) reforça a condição de baixa toxicidade química, favorecendo expansão radicular e maior atividade biológica.

Os teores de fósforo disponível (69,63 mg dm⁻³) foram classificados como altos para a cultura, indicando excelente disponibilidade desse nutriente. O fósforo possui papel fundamental na transferência de energia celular, formação de ATP, crescimento radicular e emissão de perfilhos, sendo particularmente importante durante o estabelecimento vegetativo da bananeira (RAIJ, 2011). Os teores de potássio (164,98 mg dm⁻³) também foram considerados adequados a elevados. O potássio é reconhecido como um dos nutrientes mais exigidos pela bananeira, atuando diretamente na regulação osmótica, abertura estomática, enchimento dos frutos e resistência a estresses bióticos e abióticos (ROBINSON; GALÁN-SAÚCO, 2010).

Os níveis de cálcio (4,23 cmolc dm⁻³) e magnésio (1,77 cmolc dm⁻³) demonstraram equilíbrio entre os cátions básicos, favorecendo integridade de membranas celulares, crescimento radicular e atividade fotossintética. A capacidade de troca catiônica (CTC = 8,20 cmolc dm⁻³), associada à saturação por bases de 78%, evidencia solo com boa fertilidade natural e adequado manejo corretivo anterior. Segundo Raij (2011), saturações superiores a 70% indicam ambiente favorável para culturas perenes de alta exigência nutricional, como a bananeira.

A matéria orgânica de 3,07% foi considerada satisfatória para condições de Cerrado, especialmente em áreas irrigadas. A matéria orgânica exerce papel fundamental na retenção de água, complexação de nutrientes e suporte energético à microbiota do solo. Segundo Nannipieri et al. (2012), solos com maiores teores de carbono orgânico apresentam maior estabilidade biológica e capacidade de supressão natural de patógenos.

Argila	360 g/kg	303 g/kg
Silte	130 g/kg	77,19 g/kg
Areia	510 g/kg	619,69 g/kg

Tabela 2. Comparação entre os laboratórios- Atributos físicos do solo da área experimental de bananicultura

Do ponto de vista físico, a textura média, com aproximadamente 36% de argila, proporcionou equilíbrio entre retenção hídrica e aeração, condição importante para o desenvolvimento do sistema radicular da bananeira e para a sobrevivência dos microrganismos introduzidos via fertirrigação. Robinson e Galán-Saúco (2010) relatam que solos excessivamente compactados ou mal drenados aumentam significativamente a predisposição da cultura a doenças radiculares.

	Safrar	Solo e Companhia	
Arilsulfatase	155	80	p- nitrofenol/k g/kg %
Betaglicosidase	82	56	
Materia organica	31	34	
Argila	36	62	
IQS Fertibio	0,88	0,61	
IQS Biologico	0,87	0,56	
IQS Químico	0,89	0,63	
Ciclagem de nutrientes- F1	0,87	0,56	
Armaz, de nutrientes F2	0,93	0,45	
Suptimento de nutrientes F3	0,84	0,81	

Tabela 3. Comparação entre os laboratórios- Atributos biológicos do solo da área experimental de bananicultura

Na avaliação biológica do solo, os resultados obtidos pelo método BioAS da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária demonstraram atividade microbiana intensa. A enzima beta-glicosidase apresentou valor de 82,03 $\mu\text{g p-NP h}^{-1} \text{g}^{-1}$, indicando intensa atividade relacionada à decomposição de resíduos vegetais e ciclagem do carbono. Segundo Tabatabai (1994), essa enzima é um dos principais indicadores de atividade biológica em sistemas agrícolas sustentáveis.

A enzima arilsulfatase apresentou valor de 154,59 $\mu\text{g p-NP h}^{-1} \text{g}^{-1}$, indicando boa mineralização de compostos sulfurados e adequada dinâmica de enxofre no sistema. Valores elevados dessas enzimas normalmente estão associados a solos biologicamente ativos e com alta diversidade funcional (NANNIPIERI et al., 2012).

3.1 Cultivar BRS Catarina

A cultivar BRS Catarina apresentou um dos melhores desempenhos entre os materiais avaliados. Durante as avaliações visuais, observou-se maior estabilidade vegetativa, emissão constante de folhas, coloração verde intensa e sistema radicular visualmente mais vigoroso. Houve menor incidência de sintomas visuais associados a estresse radicular, como amarelecimento foliar e redução de vigor.

Esse comportamento pode estar relacionado à maior rusticidade genética dessa cultivar, associada às boas condições químicas e biológicas do solo. A combinação entre alta disponibilidade de fósforo e potássio, associada à expressiva atividade enzimática observada, pode ter favorecido maior colonização por *Trichoderma harzianum* e *Bacillus subtilis*. Donato et al. (2018) descrevem comportamento semelhante para materiais do grupo Prata em ambientes tropicais.

3.2 Cultivar BRS Platina

A BRS Platina apresentou elevado perfilhamento, crescimento uniforme e excelente desenvolvimento vegetativo. O sistema radicular apresentou coloração clara e boa emissão de raízes secundárias durante ambas as avaliações.

Esse desempenho pode estar relacionado à maior eficiência de aproveitamento nutricional, especialmente considerando os elevados teores de fósforo presentes no solo. Segundo Alves et al. (2020), essa cultivar apresenta alta adaptabilidade ao Cerrado e boa resposta fisiológica em ambientes de fertilidade corrigida. A associação entre *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* pode ter potencializado a absorção de nutrientes e o crescimento vegetativo.

3.3 Cultivar Grand Naine

A cultivar Grand Naine apresentou crescimento rápido, maior área foliar e alta taxa de emissão foliar. Contudo, durante períodos de maior umidade superficial do solo, observou-se maior sensibilidade visual no sistema radicular, com presença de algumas raízes escurecidas.

Esse comportamento pode estar relacionado à maior sensibilidade de cultivares Cavendish a condições de saturação hídrica, conforme relatado por Robinson e Galán-Saúco (2010). Mesmo assim, a alta atividade microbiana do solo pode ter contribuído para redução da pressão de patógenos.

3.4 Cultivar Williams

A cultivar Williams apresentou crescimento acelerado, pseudocauls vigorosos e alta emissão foliar. Entretanto, demonstrou alta exigência nutricional, principalmente em relação ao potássio.

A boa disponibilidade de K no solo provavelmente contribuiu para manutenção do vigor vegetativo. Segundo Lahav e Turner (1983), cultivares Cavendish possuem alta demanda potássica, especialmente em sistemas irrigados.

3.5 Cultivar BRS Princesa

A cultivar BRS Princesa apresentou excelente uniformidade vegetativa, sistema radicular saudável e boa estabilidade fisiológica durante todo o período experimental.

A interação entre fertilidade equilibrada, matéria orgânica satisfatória e atividade microbiana intensa pode ter favorecido sua adaptação. Alves et al. (2020) relatam que essa cultivar possui alta estabilidade em ambientes tropicais.

3.6 Cultivar Farta Velhaco

A cultivar Farta Velhaco apresentou pseudocaule robusto, menor sensibilidade hídrica e alta rusticidade. O sistema radicular demonstrou boa emissão de raízes funcionais, mesmo sob maior densidade populacional do plantio.

Esse comportamento sugere forte adaptação às condições edafoclimáticas do Cerrado. Cultivares do grupo Terra normalmente apresentam maior rusticidade estrutural e tolerância a estresses ambientais (SOTO-BALLESTERO, 2000).

Integração dos resultados, de forma geral, a associação entre, boa fertilidade química, matéria orgânica adequada, expressiva atividade enzimática, aplicação sequencial de bioinsumos, parece ter criado ambiente favorável para o desenvolvimento da microbiota benéfica e supressão de organismos oportunistas do solo.

Segundo Bardgett e Van der Putten (2014), sistemas agrícolas com maior diversidade microbiológica apresentam maior estabilidade produtiva e menor incidência de doenças radiculares.

4. CONCLUSÃO

Os resultados observados neste estudo indicam que a integração entre manejo biológico, fertilidade do solo e escolha adequada de cultivares pode representar uma estratégia promissora para sistemas sustentáveis de produção de banana no cerrado brasileiro.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, E. J.; FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. *O agronegócio da banana*. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020. Disponível em: [Embrapa](https://www.embrapa.br). Acesso em: 11 maio 2026.

BARDGETT, R. D.; VAN DER PUTTEN, W. H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, London, v. 515, p. 505–511, 2014. DOI: 10.1038/nature13855.

BAREA, J. M.; POZO, M. J.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 56, n. 417, p. 1761–1778, 2005. DOI: 10.1093/jxb/eri197.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Ambiente, 2009.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). *Acompanhamento da safra brasileira de frutas 2024/2025*. Brasília, DF: Conab, 2025. Disponível em: [CONAB](#). Acesso em: 11 maio 2026.

DITA, M.; BARQUERO, M.; HECK, D.; MIZUBUTI, E. S. G.; STAYER, C. P. Fusarium wilt of banana: current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 9, p. 1468, 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.01468.

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. M.; SANTOS, M. R.; REIS, J. B. R. Prata-Anã banana under irrigation levels, planting densities and bunch trimming. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 42, n. 5, 2020. DOI: 10.1590/0100-29452020044.

FAN, B.; WANG, C.; SONG, X.; et al. Bacillus velezensis FZB42 in 2018: the Gram-positive model strain for plant growth promotion and biocontrol. *Frontiers in Microbiology*, Lausanne, v. 9, p. 2491, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02491.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *FAOSTAT: Crops and livestock products*. Rome, 2024. Disponível em: [FAOSTAT](#). Acesso em: 11 maio 2026.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. Trichoderma species: opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, London, v. 2, n. 1, p. 43–56, 2004. DOI: 10.1038/nrmicro797.

HIGA, T.; PARR, J. F. *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. Atami: International Nature Farming Research Center, 1994.

HU, C.; QI, Y. Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *European Journal of Agronomy*, Amsterdam, v. 46, p. 63–67, 2013. DOI: 10.1016/j.eja.2012.12.003.

KLOEPPER, J. W.; RYU, C. M.; ZHANG, S. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by Bacillus spp. *Phytopathology*, St. Paul, v. 94, n. 11, p. 1259–1266, 2004. DOI: 10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259.

LAHAV, E.; TURNER, D. W. *Banana nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1983.

LIU, Y.; ZHANG, J.; LI, P.; WANG, X. Organic amendments improve soil microbial biomass and enzyme activities in agricultural systems. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 199, p. 104568, 2020. DOI: 10.1016/j.still.2020.104568.

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

NANNIPIERI, P.; GIAGNIONI, L.; RENELLA, G.; et al. Soil enzymology: classical and molecular approaches. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 48, p. 743–762, 2012. DOI: 10.1007/s00374-012-0723-0.

- ONGENA, M.; JACQUES, P. Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, Cambridge, v. 16, n. 3, p. 115–125, 2008. DOI: 10.1016/j.tim.2007.12.009.
- PERRIER, X.; BAKRY, F.; CARREEL, F.; et al. Combining biological approaches to shed light on the evolution of edible bananas. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 10, p. 448, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00448.
- PLOETZ, R. C. Fusarium wilt of banana. *Phytopathology*, St. Paul, v. 105, n. 12, p. 1512–1521, 2015. DOI: 10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW.
- POVEDA, J. Trichoderma as biocontrol agent against pests: new uses for a mycoparasite. *Biological Control*, San Diego, v. 159, p. 104634, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2021.104634.
- QUÉNÉHERVÉ, P. Integrated management of banana nematodes. In: CIANCIO, A.; MUKERJI, K. G. (ed.). *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*. Dordrecht: Springer, 2009. p. 3–61.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: IPNI, 2011.
- ROBINSON, J. C.; GALÁN-SAÚCO, V. *Bananas and plantains*. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2010.
- SIKORA, R. A.; COYNE, D.; HALLMANN, J.; TIMPER, P. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 3. ed. Wallingford: CABI, 2018.
- SOTO-BALLESTERO, M. *Bananos: cultivo y comercialización*. San José: Litografía e Imprenta LIL, 2000.
- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. *Manual de horticultura orgânica*. 3. ed. Viçosa: [Editora UFV](#), 2014.
- SPEIJER, P. R.; DE WAEL, D.; MWOYA, E. Screening of Musa germplasm for resistance and tolerance to nematodes. *Acta Horticulturae*, Leuven, v. 879, p. 377–384, 2010. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.879.38.
- TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W. et al. (ed.). *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775–833.
- VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; et al. Trichoderma–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 40, n. 1, p. 1–10, 2008. DOI: 10.1016/j.soilbio.2007.07.002.
- YAMADA, K.; XU, H.; LIU, X. Effective microorganisms and sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 139, p. 1–8, 2019. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.03.015.