



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE POS- GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

BIOINSUMOS FAVORECEM O DESEMPENHO PRODUTIVO E
VALOR NUTRICIONAL DO MILHO PARA SILAGEM

Autor: Jhon Barbosa da Silva Amaral
Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade
Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Janeiro - 2025

JHON BARBOSA DA SILVA AMARAL

**BIOINSUMOS FAVORECEM O DESEMPENHO PRODUTIVO E VALOR
NUTRICIONAL DO MILHO PARA SILAGEM**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA no programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Área de concentração: Produção de Ruminantes

Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Co-orientador:

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Janeiro - 2025

Ficha Catalográfica Preparada pela Biblioteca da UESB, Campus de Itapetinga

631.847 Amaral, Jhon Barbosa da Silva.

A515b Bioinsumos favorecem o desempenho produtivo e valor nutricional do milho para silagem. / Jhon Barbosa da Silva Amaral. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2025.
46fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e coorientação do Prof. D. Sc. Natan Teles Cruz.

1. Milho - Silagem - Produção – Utilização. 2. Adubo orgânico. 3. Fixação biológica de nitrogênio. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Teixeira, Fábio Andrade. III. Cruz, Natan Teles. IV. Título.

CDD(21): 631.847

Catálogo na fonte:

Carolina A. Oliveira e Silva – CRB/2145-535
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Adubo e fertilizante
2. Ruminantes - Alimentação alternativa



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Bioinsumos favorece o desempenho produtivo e valor nutricional do milho para silagem”

Autor: Jhon Barbosa da Silva Amaral
Orientador (a): Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira
Coorientador (a): Dr. Natan Teles Cruz

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:


Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira - UESB
(Orientador)



Documentos assinados digitalmente por
MÁRIO HENRIQUE MELO e LIMA
CPF: 42.200.000-00
CPF: 48.631.300-00

Dr. Mário Henrique Melo e Lima



Dra. Renata Rodrigues Jardim Souza

Data de realização: 25 de novembro de 2024.

Campus de Itapetinga

(77) 3261-8628 | ppz@uesb.edu.br

Campus de Itapetinga
Praça da Primavera, 40
Itapetinga - Bahia
CEP: 45.000-000
FONE: (77) 3261-8600

Campus de Jequié
Rua José Manoel Soares, nº 1
Jequié - Bahia
CEP: 45.200-000
FONE: (77) 3128-9600

Campus de Vitória da Conquista
Estrada do Bem, Quilômetro 4
Vitória da Conquista - Bahia
CEP: 45.031-300
FONE: (77) 3424-8900

“Por isso não tema, pois estou com você; não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa”

“Isaías 41:10”

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus pela graça da sua presença em minha vida,

À minha família ,

Aos amigos,

Aos mestres,

Que apesar de todas as dificuldades sempre estiveram ao meu lado;
ajudaram-me a compreender os valores da vida e me deram
educação;

Que muitas das vezes me ajudaram e me deram animo para continuar mesmo que
com gestos e palavras de conforto;

Sempre me ensinaram sobre a importância dos
estudos; Carrego todos sempre em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela graça concedida em ajudar-me a cada passo, e por estar presente em minha vida a cada momento.

A toda minha família pela força, educação e pelos valores ensinados.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB – Campus Itapetinga e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por fornecer a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa, e a seus profissionais, coordenadores, professores e funcionários, pela competência, dedicação e colaborações.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Fábio Andrade Teixeira por aceitar o desafio de me orientar, pelo tempo, incentivo e atenção que destinou a mim, pelas sugestões e ajuda na realização do experimento, e em especial por acreditar em minha ideia e me apoiar na realização deste trabalho. Sempre buscando ajudar da melhor maneira não apenas seus orientados, mas também, a todas as pessoas a seu alcance, seja com uma palavra amiga ou até mesmo em uma conversa. Com toda a convicção, são pessoas como essas que contribuem para que os pilares da educação continuem fortes e se sustentem não apenas pelo conhecimento, mas também pelos valores! Muito obrigado Professor Fábio!

Aos meus avós, minha mãe Adriana, e tia Dene, pessoas indescritíveis, de bom ânimo, sempre com palavras de incentivo, acreditando em mim, e sempre incentivando a nunca desistir de um sonho. Agradeço não somente pelas palavras, mas por gestos, gestos esses que fizeram com que eu chegasse até aqui.

Ao Natan, meu coorientador pela orientação e pelo tempo dedicado.

Aos meus companheiros do Grupo de Produção de Forragem e colegas pós graduandos pela força.

Aos funcionários do setor experimental, que sempre estavam dispostos a ajudarem.

Obrigado a todos os envolvidos, que de alguma forma auxiliaram e contribuíram para que o presente trabalho pudesse ser desenvolvido.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa,

O MEU MUITO OBRIGADO, GRANDE ABRAÇO.

BIOGRAFIA

Jhon Barbosa da Silva Amaral, natural da cidade de Pedra Azul, Estado de Minas Gerais, nasceu em 29 de setembro de 1996, filho de Aureo Antônio Santos Amaral e Adriana Barbosa da Silva. Iniciou os estudos no Colégio Nossa Senhora de Fátima - Sacramentinas, no município de Vitória da Conquista. Em 2016, iniciou o curso de Agronomia, concluindo o mesmo no segundo semestre do ano de 2021, participando de projetos de extensão e Iniciação científica nos laboratórios de nutrição animal e reprodução de caprinos e Ovinos da UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista-BA. Atualmente é produtor rural e Pós-Graduando (Mestrado) em Zootecnia com área de concentração em Produção de Ruminantes com ênfase em Forragicultura, Pastagem, Fisiologia e Genética Vegetal pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	13
I. INTRODUÇÃO	14
II. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.2 Bioinsumos na Agricultura: <i>Azospirillum</i> e regulador de crescimento vegetal: Stimulate	16
2.3 <i>Ácido Indol-3-Butírico (AIB)</i>	18
2.4 <i>Ácido Giberélico (GA3)</i>	18
2.5 <i>Cinetina</i>	19
2.8 Efeitos do Stimulate em diferentes culturas.....	19
III. OBJETIVOS	22
□ Geral.....	22
□ Específicos	22
IV. MATERIAIS E MÉTODOS	23
1) Localização	23
2) Tratamentos.....	23
3) Preparo da área e plantio	24
4) Plantio.....	25
5) Protocolos de inoculação	25
6) Corte e avaliações	26
7) Componentes Estruturais.....	26
9) Composição bromatológica	27
10) Silagem.....	28
11) Análise estatística.....	29
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
VI. CONCLUSÃO	41
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental.....	25
Tabela 2. Produção (kg.ha ⁻¹) de massa verde total e dos componentes morfológicos do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	29
Tabela 3. Produção (kg.ha ⁻¹) de massa seca total e dos componentes morfológicos do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	31
Tabela 4. Produção de Grãos (kg.ha ⁻¹) do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.....	32
Tabela 5. Porcentagem dos componentes morfológicos do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	32
Tabela 6. Medidas agrônômicas da espiga do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.....	33
Tabela 7. Volume da raiz do milho (híbrido FERROZ VIP3) resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.....	33
Tabela 8. Composição nutricional da forragem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	35
Tabela 9. Composição nutricional da folha do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.....	37
Tabela 10. Produção de Proteína Bruta (kg.ha ⁻¹) de folha e forragem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	38
Tabela 11. Composição nutricional da Silagem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	39
Tabela 12. pH e perdas da silagem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias mensais de precipitação, umidade relativa (UR) do ar e temperaturas máximas e mínimas no período de março/2023 a Julho/2023. Itapetinga - BA, 2023 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Itapetinga, Estado da Bahia (2023)..... 23

RESUMO

AMARAL, JHON BARBOSA DA SILVA. **Bioinsumos favorecem o desempenho produtivo e valor nutricional do milho para silagem.** Itapetinga, BA: UESB, 2024. 48 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).

O uso excessivo de fertilizantes químicos na agricultura tem gerado impactos negativos ao meio ambiente e ao solo, além de aumentar os custos de produção. Uma alternativa promissora é a utilização de bioinsumos, como o Stimulate e o *Azospirillum*. A produção de massa verde total do milho no estágio V6 e dos componentes do milho se sobressaíram para o tratamento com a aplicação de RCV. Esse mesmo comportamento foi observado para a produção de massa seca e produção de grãos da forrageira do híbrido FERROZ CIP3. Não houve diferença significativa para o parâmetro de porcentagem dos componentes morfológicos, medidas agrônômicas da espiga colhidas no ponto de ensilagem e volume de raiz entre os tratamentos estudados. O tratamento contendo os insumos de forma combinada propiciaram melhor composição de matéria mineral, proteína bruta e carboidratos não fibrosos da forragem total do híbrido, seguindo esse mesmo comportamento para a composição nutricional da folha. A produção foliar de proteína bruta se sobressaiu em relação aos demais tratamentos para a aplicação com RCV, que não diferiu estatisticamente do AZO. Os teores de celulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) da silagem de milho foram maiores para o tratamento com aplicação combinada de RCV. Quanto ao pH e perdas da silagem, não houve diferença entre os tratamentos. Pode-se concluir que a aplicação do milho híbrido FERROZ VIP3 com diferentes bioinsumos isolados e combinados incrementam as características agrônômicas e bromatológicas do mesmo, não promovendo decréscimo nos parâmetros da ensilagem.

Palavras-chave: bactérias, biofertilizantes, conservação de forragem, raízes

ABSTRACT

AMARAL, JHON BARBOSA DA SILVA. **Bioinputs favor the productive performance and nutritional value of corn for silage.** Itapetinga, BA: UESB, 2024. 48 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science), Concentration Area in Ruminant Production).

The excessive use of chemical fertilizers in agriculture has generated negative impacts on the environment and soil, in addition to increasing production costs. A promising alternative is the use of bioinputs, such as Stimulate and Azospirillum. The production of total green mass of corn at the V6 stage and of corn components stood out for the treatment with the application of RCV. This same behavior was observed for the production of dry mass and grain production of the FERROZ CIP3 hybrid forage. There was no significant difference for the parameter of percentage of morphological components, agronomic measurements of the ear harvested at the ensilage point and root volume between the treatments studied. The treatment containing the inputs in a combined form provided a better composition of mineral matter, crude protein and non-fibrous carbohydrates of the total forage of the hybrid, following this same behavior for the nutritional composition of the leaf. The foliar production of crude protein stood out in relation to the other treatments for the application with RCV, which did not differ statistically from AZO. The cellulose and neutral detergent insoluble nitrogen (NDNI) contents of corn silage were higher for the treatment with combined application of RCV. Regarding pH and silage losses, there was no difference between treatments. It can be concluded that the application of FERROZ VIP3 hybrid corn with different isolated and combined bioinputs increases its agronomic and bromatological characteristics, without promoting a decrease in silage parameters.

Keywords: bacteria, biofertilizers, forage conservation, roots

I. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos tem levado à busca por práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis. Entre essas práticas, a utilização de bioinsumos tem ganhado destaque como uma alternativa promissora para aumentar a produtividade das culturas e melhorar a qualidade nutricional dos produtos agrícolas com menor impacto ambiental. Bioinsumos são produtos biológicos que, quando aplicados ao solo ou às plantas, promovem o crescimento e a saúde das culturas através de mecanismos biológicos (fixação biológica de nitrogênio; associação simbiótica; estimulação do sistema imunológico das plantas; competição e supressão de patógenos) e químicos (liberação de nutrientes; alteração da microflora do solo; produção de compostos bioativos) (Vassilev et al., 2015).

Essa abordagem ganha especial relevância na cultura do milho (*Zea mays L.*), um dos cereais mais cultivados no mundo e amplamente utilizado tanto na alimentação humana quanto animal. Estudos recentes têm demonstrado que a combinação de diferentes bioinsumos pode proporcionar benefícios significativos, incluindo melhorias na eficiência de absorção de nutrientes, maior resistência a doenças e estresses abióticos, além de estimular o desenvolvimento radicular, fatores que contribuem diretamente para a produtividade e qualidade nutricional da cultura (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2021).

A eficácia dos bioinsumos é influenciada pela sua composição e pelas interações entre diferentes tipos de produtos utilizados. A combinação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR) e fungos micorrízicos podem resultar em combinações que aumentam os efeitos benéficos sobre o milho grão, como observado em estudo de Hungria et al. (2010), onde verificaram um incremento da produtividade de grãos de milho inoculados com *Azospirillum* spp. de 26%. Essas interações podem otimizar o uso de nutrientes, melhorar a estrutura do solo e promover uma maior capacidade de retenção e absorção de água (Suman et al., 2016; Bais et al., 2006).

Além dos benefícios agronômicos, a melhoria no valor nutricional do grão de milho também é um fator importante. Os bioinsumos podem influenciar o valor nutricional do milho, aumentando a concentração de micronutrientes essenciais e melhorando a qualidade dos grãos para a alimentação humana e animal (Moulick et al., 2020; Pardo et al., 2019). Portanto, a realização deste estudo se justifica pela necessidade de explorar o potencial dos bioinsumos na melhoria tanto da produtividade quanto da qualidade nutricional do milho, visando uma agricultura mais sustentável. Além disso, a pesquisa contribuirá para o

preenchimento das lacunas existentes no conhecimento sobre as interações entre diferentes tipos de bioinsumos e seu impacto no solo, nas plantas e na saúde humana. Essas melhorias não apenas contribuem para uma maior eficiência alimentar, mas também para a saúde pública e a sustentabilidade da produção agrícola.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avanços no uso de bioinsumos: estratégias para aumentar a produtividade agrícola

Bioinsumos são produtos de origem biológica, utilizados na agricultura para melhorar a produtividade das culturas, a saúde do solo e a resistência das plantas a pragas e doenças. Eles incluem microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, extratos vegetais, compostos orgânicos e outros materiais naturais. A crescente preocupação com os impactos ambientais e a busca por práticas agrícolas sustentáveis têm impulsionado a adoção de bioinsumos em todo o mundo (Moulick et al., 2020).

Os bioinsumos oferecem uma alternativa sustentável aos fertilizantes e pesticidas químicos, promovendo a biodiversidade do solo, melhorando a ciclagem de nutrientes e reduzindo a contaminação ambiental. Microrganismos benéficos presentes nos bioinsumos, como bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, desempenham um papel crucial na decomposição da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio, além de melhorar a estrutura do solo. Essa maior atividade biológica na rizosfera e no interior das plantas favorece a absorção de nutrientes, resultando em plantas mais saudáveis e produtivas. Estudos indicam que a aplicação de bioinsumos pode aumentar significativamente a produtividade das culturas e a saúde das plantas (Bortoloti; Sampaio, 2022).

A sustentabilidade é outro aspecto fundamental dos bioinsumos. Ao contrário dos fertilizantes e pesticidas sintéticos, que podem causar poluição e degradação ambiental quando usados de má forma, os insumos a base de microrganismos são biodegradáveis e geralmente têm um impacto ambiental menor ou nulo. No entanto, esses demandam uma logística diferenciada, por conter substâncias bioativas em sua composição, necessitando de um menor tempo de prateleira quando comparados aos químicos (Vidal et al., 2022).

Os bioinsumos desempenham um papel crucial na manutenção da saúde do ecossistema agrícola, promovendo a biodiversidade e a estabilidade do solo, aspectos fundamentais em sistemas agrícolas orgânicos, onde o uso de produtos químicos sintéticos

é restrito (Medina et al., 2023). Atualmente, diversos tipos de bioinsumos estão disponíveis no mercado, incluindo microrganismos benéficos como bactérias fixadoras de nitrogênio, fungos micorrízicos, actinobactérias e extratos vegetais, que são aplicados em diversas culturas agrícolas. Entre as culturas mais beneficiadas, destacam-se o milho, soja, trigo, arroz e hortaliças, onde a utilização de bioinsumos tem demonstrado resultados significativos. Por exemplo, a aplicação de bactérias do gênero *Azospirillum* tem sido associada ao aumento da fixação de nitrogênio e à melhoria da produtividade do milho (Gong et al., 2023), enquanto fungos micorrízicos melhoram a absorção de nutrientes e a resistência a estresses abióticos em culturas como soja e trigo (Bortoloti; Sampaio, 2022).

Além disso, os bioinsumos contribuem para a saúde do solo, promovendo a biodiversidade e a estrutura do solo, além de reduzir a dependência de insumos químicos, resultando em uma agricultura mais sustentável e com menor impacto ambiental (Vidal; Saldanha; Veríssimo, 2020).

O avanço contínuo na pesquisa e desenvolvimento de bioinsumos é essencial para a sua aplicação otimizada na agricultura. Ensaio laboratoriais e estudos de campo são essenciais para identificar os bioinsumos mais eficientes, além de permitir o desenvolvimento de formulações estáveis e de fácil aplicação em ambientes agrícolas. A colaboração entre instituições de pesquisa, órgãos governamentais e a indústria agrícola é crucial para garantir a implementação sustentável e a disseminação bem-sucedida dos bioinsumos a longo prazo (Fu et al., 2023). Paralelamente, o mercado global de bioinsumos tem experimentado uma expansão significativa, impulsionada pela crescente demanda por práticas agrícolas orgânicas e sustentáveis. Empresas de biotecnologia e agroquímicos estão intensificando os investimentos no desenvolvimento de novos produtos e na ampliação de suas linhas de bioinsumos, visando atender a essa demanda crescente (Medina et al., 2023).

2.2 Bioinsumos na Agricultura: *Azospirillum* e regulador de crescimento vegetal: Stimulate

A agricultura contemporânea enfrenta o desafio de aumentar a produtividade de maneira sustentável, com ênfase na redução dos impactos ambientais. Nesse cenário, os bioinsumos surgem como alternativas eficazes, oferecendo contribuições significativas para uma agricultura mais eficiente e sustentável. Entre os principais bioinsumos, destacam-se as bactérias promotoras de crescimento vegetal, como *Azospirillum*, e bioestimulantes comerciais, como o Stimulate.

Azospirillum é um gênero de bactérias fixadoras de nitrogênio que vivem em associação com as raízes de diversas plantas, especialmente gramíneas. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o processo pelo qual o nitrogênio atmosférico (N_2) é convertido em amônia (NH_3) e então pode ser absorvida pelas plantas. O *Azospirillum spp.* é reconhecido pela sua capacidade de promover o crescimento das plantas através de vários mecanismos, incluindo a produção de fitohormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, que estimulam o crescimento das raízes e a absorção de água e nutrientes (Dobbelaere; Vanderleyden; Okon, 2003), e a resistência a estresses abióticos (Bashan; De-bashan, 2010).

As plantas associadas ao *Azospirillum* apresentam maior resistência a condições de estresse hídrico e salino, devido à modulação do metabolismo e à produção de osmoprotetores (Casanovas et al., 2002). Esses compostos, como a prolina, o glicerol e solutos orgânicos solúveis, ajudam as plantas a manter o equilíbrio osmótico, protegendo as células contra os efeitos adversos do estresse. A prolina acumula-se nas células para estabilizar proteínas e membranas, enquanto o glicerol preserva a integridade celular e o equilíbrio hídrico. Solutos como açúcares e álcoois mantêm a turgidez e a estabilidade celular, minimizando os danos causados pela desidratação (Lugtenberg, 2015).

As bactérias do gênero *Azospirillum*, quando associadas às gramíneas, promovem um maior desenvolvimento da cultura. Essa associação resulta de uma maior capacidade de produzir substâncias promotoras de crescimento e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). A inoculação tem como objetivo melhorar a produção e contribuir para redução do uso de fertilizantes nitrogenados, assim contribuindo na diminuição da emissão de gases de efeito estufas (Souza, 2019).

De acordo com Moreira (2013), o gênero *Azospirillum* é amplamente estudado e destaca-se pelo papel crucial dos microrganismos endofíticos diazotróficos dessa espécie na reabilitação e sustentabilidade dos ecossistemas. Esses microrganismos são responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio, o que contribui para a melhoria da qualidade do solo. A inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio, como o *Azospirillum*, surge como uma alternativa eficaz para reduzir os custos associados à fertilização com nitrogênio, além de estimular a produção de fitohormônios, especialmente as auxinas, e promover a solubilização de fosfatos, conforme descrito por Correia Filho et al. (2018).

Por outro lado, o Stimulate é um biorregulador que combina três importantes reguladores de crescimento vegetal: ácido indol-3-butírico (AIB), ácido giberélico (GA3) e cinetina. Cada um desses componentes desempenha funções específicas no desenvolvimento

das plantas. O AIB, uma auxina sintética, favorece a formação de raízes e aprimora a absorção de água e nutrientes (Taiz & Zeiger, 2013). O ácido giberélico é responsável por estimular a alongação celular e a germinação das sementes (Silva et al., 2018). A cinetina, uma citocinina, é crucial para a divisão celular e para retardar o envelhecimento das folhas (Davies, 2004).

2.3 Ácido Indol-3-Butírico (AIB)

O AIB (*ácido indol-3-butírico*) é uma auxina sintética que desempenha um papel fundamental na indução da formação e ramificação das raízes, essencial para o estabelecimento de uma rede radicular robusta. Essa rede, por sua vez, amplia a capacidade das plantas de absorver água e nutrientes essenciais do solo. Além disso, o AIB está envolvido na regulação de processos metabólicos que favorecem o crescimento geral das plantas, promovendo a eficiência na utilização dos recursos disponíveis. Quando aplicado em concentrações apropriadas, o AIB não só estimula o desenvolvimento de raízes fortes, mas também aumenta a eficiência na absorção de nutrientes, particularmente em solos com baixa fertilidade ou em plantas jovens em processo de estabelecimento (Taiz & Zeiger, 2013).

Esse efeito é particularmente benéfico em sistemas de cultivo intensivo, onde a otimização da absorção de nutrientes e água é crucial para o sucesso da produção. Derivado do *ácido indol-3-acético* (AIA), o AIB é amplamente utilizado na agricultura para promover o enraizamento de estacas e a regeneração de tecidos (Hartmann et al., 2011). Estudos indicam que o AIB pode aumentar significativamente a massa radicular, resultando em plantas mais vigorosas e com maior capacidade de absorção de água e nutrientes (Kulkarni; Dodd, 2012).

2.4 Ácido Giberélico (GA3)

O ácido giberélico (GA3) é um regulador de crescimento amplamente reconhecido por suas propriedades que promovem o alongamento celular, resultando em plantas mais altas e com maior capacidade de explorar o ambiente. Esse fitormônio é essencial para a germinação das sementes, pois estimula a quebra da dormência e inicia o crescimento mesmo sob condições de baixa temperatura ou umidade. O (GA3) ativa enzimas que quebram as reservas de amido nas sementes, fornecendo energia crucial para o crescimento inicial (Silva et al., 2018). Além disso, o ácido giberélico (GA3) tem um efeito direto na alongação do caule e na expansão das folhas, aumentando a área foliar e, conseqüentemente,

a capacidade fotossintética das plantas. Esse efeito é particularmente benéfico para culturas que exigem crescimento rápido, como vegetais de ciclo curto ou culturas de rápido giro, onde a aceleração do crescimento pode resultar em maior produtividade. Em algumas culturas, como os cereais, o (GA3) pode ser utilizado para controlar a altura das plantas, prevenindo danos ou quebras devido ao vento, que podem ocorrer quando as plantas são excessivamente altas (Hartmann et al., 2011).

Estudos demonstram que a aplicação de (GA3) pode melhorar a produtividade e a qualidade dos frutos, como observado em experimentos com tomateiros, onde a aplicação do regulador resultou em maior altura das plantas e maior peso dos frutos (Phinney, 2006; Pandey; Singh, 2011).

2.5 Cinetina

A cinetina, uma citocinina, desempenha um papel fundamental na divisão celular e na formação de novos tecidos, sendo essencial para o desenvolvimento dos meristemas, responsáveis pela geração de novas células. Além disso, ela retarda o envelhecimento das folhas, promovendo a longevidade celular e melhorando a eficiência fotossintética (Davies, 2004). Em plantas cultivadas por longos períodos, como as frutíferas, favorece a produção de biomassa e a qualidade dos frutos, estimulando a divisão celular não apenas em tecidos vegetativos, mas também reprodutivos. A cinetina também pode induzir a formação de brotos laterais, promovendo a ramificação e aumentando a produtividade em sistemas de cultivo mais densos. Reconhecida como uma das primeiras citocininas descobertas, a cinetina tem sua eficácia comprovada na promoção da divisão celular e no retardamento da senescência das plantas (Mok & Mok, 2001). Estudos demonstram que sua aplicação pode prolongar a vida útil das folhas, aumentar a eficiência fotossintética e contribuir para um crescimento saudável e produtivo das culturas (Sarkar & Lahiri, 2013).

2.8 Efeitos do Stimulate em diferentes culturas

A eficácia do Stimulate tem sido documentada em diversas culturas agrícolas, incluindo soja, milho, trigo e hortaliças. Na cultura da soja, o uso de Stimulate tem mostrado potencial para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos grãos.

Almeida et al. (2019) realizaram um estudo que investigou o impacto do uso de Stimulate em plantas de milho, especialmente sob condições de estresse hídrico. O experimento foi conduzido em uma área experimental com condições controladas de

irrigação, onde as plantas foram expostas a um regime de déficit hídrico para simular condições de seca. Durante o estágio vegetativo, as plantas de milho receberam o bioinsumo Stimulate. Os resultados indicaram que o tratamento com Stimulate resultou em plantas de milho com maior altura e maior número de espigas por planta, além de maior resistência à seca, o que contribuiu para uma maior produtividade, mesmo em condições adversas de água.

Silva et al. (2020), por outro lado, conduziram um experimento focado no efeito dos bioinsumos sobre o desenvolvimento radicular de plantas de rúcula. O estudo foi realizado em um campo experimental com solo de boa qualidade e condições de irrigação regulares. O objetivo da pesquisa era avaliar o impacto de diferentes tipos de bioinsumos no desenvolvimento radicular durante o estágio vegetativo das plantas de rúcula. Os resultados demonstraram que a aplicação de bioinsumos promoveu um aumento significativo no desenvolvimento das raízes, resultando em plantas mais vigorosas e com maior capacidade de absorção de nutrientes e água do solo. A formação de raízes mais robustas é um indicativo de um sistema radicular mais eficiente, o que contribui diretamente para o crescimento da parte aérea da planta e para o aumento da produtividade.

Em hortaliças, como tomate e alface, a aplicação de Stimulate tem sido associada a melhorias na qualidade dos frutos e na resistência a estresses abióticos (Ferreira; Silva, 2017). Em experimentos com tomateiros, o bioinsumo promoveu maior produção de frutos, com aumento no teor de sólidos solúveis e na firmeza dos frutos.

A combinação de *Azospirillum* com Stimulate pode potencializar os efeitos benéficos de ambos os bioinsumos. Barassi et al. (2008) observaram que a aplicação conjunta desses produtos contribuiu significativamente para o aumento da biomassa e produtividade das plantas, destacando a sinergia entre a fixação biológica de nitrogênio promovida pelo *Azospirillum* e o efeito regulador de crescimento do Stimulate. Além disso, a utilização de *Azospirillum* para a fixação biológica de nitrogênio tem o potencial de reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, diminuindo tanto os custos de produção quanto os impactos ambientais.

Hungria et al. (2010) demonstraram que a aplicação de *Azospirillum* pode substituir parcialmente a fertilização nitrogenada, contribuindo para a redução do uso de fertilizantes sintéticos e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis. Quando combinado com Stimulate, esse efeito é potencializado, uma vez que o bioinsumo estimula o crescimento das plantas e aumenta a eficiência na utilização dos nutrientes disponíveis. A fixação biológica

de nitrogênio proporcionada pelo *Azospirillum* aliada às auxinas do Stimulate não só reduz a necessidade de insumos químicos, mas também diminui custos de produção, ao mesmo tempo em que minimiza os impactos ambientais associados ao uso excessivo de fertilizantes convencionais.

O uso de bioinsumos na agricultura, especialmente com foco no *Azospirillum* e no Stimulate, podem representar uma estratégia viável e promissora para aumentar a produtividade agrícola de maneira sustentável. A combinação desses produtos pode potencializar os benefícios individuais, contribuindo para a redução do uso de insumos químicos, a melhoria da saúde do solo e o aumento da resistência das plantas a estresses ambientais. A adoção ampla e bem-sucedida desses bioinsumos requer pesquisas contínuas e a conscientização dos agricultores sobre suas vantagens e modos de aplicação.

III. OBJETIVOS

✓ Geral

Avaliar o efeito do uso de diferentes bioinsumos no desempenho, produção e no valor nutricional da forragem e silagem do cultivar de Milho.

✓ Específicos

- Avaliar o efeito do uso do *Azospirillum brasilense* sob características agronômicas e nutricionais da forragem e silagem da cultivar de Milho;
- Avaliar o efeito do uso do Regulador de Crescimento Vegetal (RCV - STIMULATE) sob características agronômicas e nutricionais da forragem e silagem da cultivar de Milho;
- Avaliar o efeito do uso combinado do *Azospirillum brasilense* e Regulador de Crescimento Vegetal (RCV - STIMULATE) sob características agronômicas e nutricionais da forragem e silagem da cultivar de Milho.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

1) Localização

O experimento foi realizado na área experimental do Setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus Juvino Oliveira, situado em Itapetinga, BA. O município de Itapetinga está localizado na Mesorregião Centro-Sul Baiano, com as coordenadas geográficas 15°38'46" de latitude sul e 15°24' de longitude oeste, a uma altitude de 280 metros.

A região é caracterizada por possuir clima tropical com estação seca no inverno. O índice pluviométrico varia entre 1400 e 1600 mm anuais e a temperatura durante o ano inteiro fica entre 20° C e 28°C, com mínima não inferior a 18° C, segundo a classificação de Köppen-Geiger.

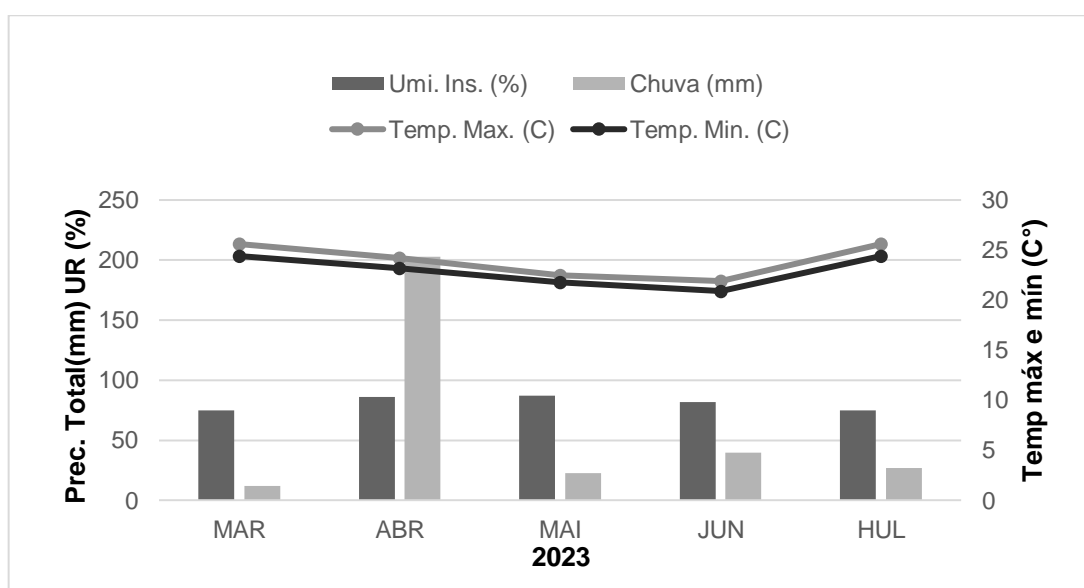


Figura 1. Médias mensais de precipitação, umidade relativa (UR) do ar e temperaturas máximas e mínimas no período de março/2023 a Julho/2023. Itapetinga - BA, 2023 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET/Itapetinga, Estado da Bahia (2023).

2) Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC), composto por 4 tratamentos com cinco repetições, totalizando vinte unidades experimentais, sendo cada unidade experimental constituída por quatro fileiras com 4 metros de comprimento e 0,8 metros de espaçamento entre fileiras, resultando em uma área total de 64 m², sendo 3,2 m² para cada parcela. Foi utilizada a cultivar de Milho Híbrido FERROZ VIP3, própria para produção de silagem.

Os tratamentos avaliados foram:

4 protocolos de aplicação foliar no estágio V6 do milho: Controle (sem aplicação); AZO - *Azospirillum brasilense* (AZOS) na dosagem 300 ml ha⁻¹, seguindo as recomendações do produto comercial AzoTotal® (garantia de 2x10⁸ UFC/ml das estirpes AbV5 e AbV6); RCV - Regulador de Crescimento Vegetal (RCV - STIMULATE), na dosagem 500 ml ha⁻¹ (composto por Ácido Indolbutírico (IBA): 0,05 ml, Ácido Giberélico (GA3): 0,05 ml e Cinquinina (CK): 0,05 ml do volume aplicado) X COMBINADA - aplicação Combinada (Azos+ RCV - STIMULATE), com volume de calda de 200 litros ha⁻¹ para cada um dos tratamentos (Quadro 1).

Quadro 1. Tratamentos avaliados

TRATAMENTOS	
Controle	Controle (Sem aplicação)
AZO	<i>Azospirillum brasilense</i> (AZOS)
RCV	Regulador de Crescimento Vegetal (PCV - STIMULATE)
Combinada	Aplicação Combinada (Azos+RCV)

3) Preparo da área e plantio

A demarcação da área experimental, com uma área total de 28 m x 17 m (476 metros quadrados), foi realizada em dezembro de 2022. O experimento contou com parcelas de 3,2 m x 5 m (16 metros quadrados cada) e espaçamento entre plantas de 0,80 m x 0,20 m. Após a demarcação, foi realizada a coleta de solo para análise química e física na profundidade de 0 a 20 cm. A amostra foi encaminhada para análise no Laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB, *Campus* de Vitória da Conquista e os resultados encontram-se descritos na (Tabela 1). Os dados meteorológicos durante o período experimental foram obtidos no instituto nacional de meteorologia e encontram-se descritos na figura 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental

pH	mg/dm ³cmolc/dm ³ de solo.....										%	g/dm ³
(H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B ¹	t ²	T ³	V ⁴	m ⁵	M.O ⁶
6,4	26	0,41	2,6	1,0	0,0	1,5	-	4,0	4,0	5,5	73	0	14

¹Soma de bases. ²CTC efetiva. ³CTC pH 7. ⁴Saturação por bases. ⁵Saturação por Al³⁺. ⁶Matéria orgânica. Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Para o preparo do solo foi realizada aração, gradagem destorroadora, gradagem niveladora e controle de erosão.

4) Plantio

A semeadura foi realizada de forma manual no dia 22 de março de 2023, sendo feito o desbaste 8 dias após o plantio para se obter a densidade de 62500 plantas/ha no espaçamento 0,80 m x 0,20 m.

A adubação foi realizada de acordo com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG (Álvarez Ribeiro, 1999), sendo aplicada uniformemente em todos os tratamentos. Na semeadura, foram utilizados 20 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia e 70 kg de P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato simples. Para a adubação de cobertura, aplicou-se 40 kg de K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio e 180 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia, com o nitrogênio parcelado em três aplicações, realizadas nos estágios V4, V6 e V8.

Os tratos culturais foram capina, desbaste e pulverização, efetuados conforme as necessidades da cultura, cujo controle de plantas daninhas foi realizado manualmente sempre que houve necessidade, sem o uso de produtos fitossanitários. A pulverização foi realizada manualmente com o auxílio de um borrifador.

5) Protocolos de inoculação

A aplicação dos bioinsumos nos devidos tratamentos foi realizada no estágio fenológico V6, 27 dias após semeadura, em 18 de abril de 2023, na dose de 0,48 ml por parcela do produto comercial Azototal® e 0,8 ml por parcela do produto comercial Stimulate. A aplicação dos microrganismos e do produto comercial foi realizada nas folhas das plantas, às 16 horas, com o auxílio de um borrifador plástico, diluído em 320 ml de água.

6) Corte e avaliações

O corte da forrageira foi realizado em 22 de março de 2023, deixando-se um resíduo de 20 cm no solo, seguindo as condições ideais para o processo de ensilagem. A colheita ocorreu em 9 de junho de 2023, totalizando um período de 79 dias de crescimento. No entanto, o material foi colhido ligeiramente antes do ponto ideal devido à interferência de maritacas, apresentando, em média, de 28% a 30% de matéria seca (MS), enquanto o teor ideal situa-se entre 30% e 35% de MS. Foram avaliadas produção de massa verde e seca de forragem e componentes morfológicos colmo, folhas e espiga/panícula/capítulo; volume de raiz; produção de grãos no momento do corte; porcentagem de folhas, colmo e espigas; relação folha/colmo; comprimento e diâmetro da espiga. Foram realizadas análises bromatológicas tanto da forragem quanto da silagem.

7) Componentes Estruturais

Foram coletadas cinco plantas de cada parcela para avaliação e separação dos componentes estruturais: colmo, folhas e espiga. Após o corte todo material coletado foi separado e pesado para se obter a produção de massa verde total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e dos componentes morfológicos. Com auxílio de fita métrica e paquímetro foram avaliados o comprimento e diâmetro das espigas, respectivamente. Posteriormente foram realizadas as pré-secagem do material à 60 C° até peso constante para se obter a massa seca de cada componente e massa seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Um cavador foi utilizado para revolver o solo, que foi transportado em um balde para lavagem em água corrente, removendo as partículas aderidas. Em seguida, o material foi submetido à secagem. Para a avaliação do volume radicular, todas as raízes presentes no solo de cada planta avaliada foram coletadas, lavadas e o volume foi medido. A produção de forragem foi determinada pela soma de todos os componentes avaliados.

Para determinar a porcentagem dos componentes morfológicos do milho, incluindo espiga, colmo, folha e a relação folha/colmo, foi realizado corte, separação, pesagem e secagem dos componentes para realização do cálculo.

O volume da raiz foi medido conforme (Scheffer-basso, 1999) por medição do deslocamento da coluna de água em proveta graduada, obtendo por diferença a resposta direta do volume de raízes em mm^3 .

8) Cálculos:**Porcentagem de Espigas:**

$$\text{Porcentagem de Espigas} = \left(\frac{\text{Peso da Espiga}}{\text{Peso total da planta}} \right) \times 100$$

Porcentagem de folhas:

$$\text{Porcentagem de Folhas} = \left(\frac{\text{Peso das Folhas}}{\text{Peso total da planta}} \right) \times 100$$

Porcentagem de Colmos:

$$\text{Porcentagem de Colmos} = \left(\frac{\text{Peso dos colmos}}{\text{Peso total da planta}} \right) \times 100$$

Relação folha/colmo:

$$\text{Relação folha/Colmo} = \left(\frac{\text{Peso das folhas}}{\text{Peso dos colmos}} \right)$$

Trachsel et al. (2016) e Omar et al. (2022).

Produção de grãos:

$$\text{Produção de grãos (kg/ha)} = \left(\frac{\text{Peso dos Grãos da Amostra (kg)}}{\text{Área da amostra m}^2} \right) \times 10.000$$

Goldstein et al. (2014).

9) Composição bromatológica

As análises químico-bromatológicas foram determinadas de acordo com a metodologia descrita por Detmann et al. (2021). As análises realizadas foram: pré-secagem (Método INCT-CA G-001/2), matéria seca (MS; Método INCT-CA G-003/1), proteína bruta (PB; (nitrogênio total x 6,25) (Método INCT-CA N-001/2), fibra em detergente neutro (FDN) (Método INCTCA F002/2), fibra em detergente ácido (FDA) (Método INCT-CA F-004/2), lignina (H₂SO₄ 72% p/p). Para a análise de FDN, as amostras foram tratadas com αamilase termoestável sem uso de sulfito de sódio, sendo os mesmos corrigidas para o resíduo de cinzas (CIDN; Método INCT-CA M-002/2) e compostos nitrogenados (NIDN; Método INCTCA N004/2). O teor de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e

proteína (FDN_{cp}) foi realizado segundo recomendações de Licitra et al. (1996) & Mertens (2002).

A metodologia para determinar os carboidratos totais (CT) foi a de Sniffen et al. (1992), conforme a fórmula: $CHT = 100 - (PB + EE + MM)$; os carboidratos não fibrosos (CNF) foram o: $CNF = 100 - (PB + FDN_{cp} + EE + MM)$, no qual FDN_{cp} corresponde ao FDN corrigido o seu conteúdo para cinzas e proteína.

10) Silagem

O material coletado foi identificado e em seguida levado ao Laboratório Forragicultura pertencente à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. A forragem foi picada em uma ensiladeira com um tamanho de partícula de 2 cm e ensilada em silos de PVC com 40 cm de altura por 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen e com capacidade para 2,2 a 2,6 kg de forragem, em densidade de aproximadamente 850 kg de forragem por m³, sendo armazenada por um período de 36 dias.

Os silos continham areia e tela no fundo para quantificar as perdas por efluente, sendo, portanto, pesados antes e após a ensilagem, e desta forma quantificando também as perdas por gases. Após o período de armazenamento, de 09 de junho a 15 de agosto de 2023, totalizando 67 dias, os silos foram pesados novamente para determinar as perdas por gases. Em seguida, foram abertos para a retirada da silagem e a pesagem da areia do fundo, com o objetivo de calcular as perdas por efluente. Os silos foram abertos e o conteúdo de cada silo foi retirado e homogeneizado. Parte da silagem foi retirada para análises bromatológicas e para determinação do pH.

As perdas da matéria seca por gases e efluentes, recuperação de matéria seca foram avaliadas seguindo a metodologia descrita por Jobim et al. (2007), em que:

$$PG = (PCf - PCa)$$

PG = perdas por gases (% da MN); PCf = peso do silo cheio no fechamento da ensilagem (kg); PCa = peso do silo cheio na abertura (kg).

$$PE = (PVa - PVf)$$

PE = perdas por efluentes (% da MN); PVa = peso do silo vazio + peso da areia na abertura da ensilagem (kg); PVf = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento da ensilagem (kg).

$$RMS (\%MN) = (MFf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100$$

RMS = recuperação de matéria seca em % de matéria natural; MFf = massa da forragem na abertura (kg); MSf = teor de matéria seca da forragem na abertura (%); MFi = massa da forragem no fechamento (kg); MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

11) Análise estatística

Os resultados das avaliações agronômicas e químico-bromatológica foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 10% de significância para comparação das médias. A análise de variância e o teste de médias foram realizados por meio do software SAS Analytics Software.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa verde total do milho, a partir da aplicação foliar de bioinsumos distintos (Tabela 2), apresentou diferença significativa ($p < 0,1$) para os componentes morfológicos avaliados, exceto para o colmo, que não mostrou variação entre os tratamentos. Entre os componentes analisados, o RCV destacou-se como o tratamento com maior média de produção em forragem, espiga e folha, evidenciando sua eficácia no fornecimento de nutrientes essenciais e na melhoria das condições do solo.

No caso da forragem, o RCV não diferiu estatisticamente do Azo e da aplicação combinada, mas manteve a maior média, mostrando sua eficiência no desenvolvimento geral da planta. No componente espiga, o RCV seguiu o mesmo padrão, apresentando a maior média e não diferindo estatisticamente do Azo, o que sugere que ambos os tratamentos promovem uma melhor translocação de nutrientes e fotoassimilados para as estruturas reprodutivas. Já para o componente folha, o RCV foi novamente superior, resultando em maior área foliar e eficiência fotossintética. A aplicação combinada com Azo intensificou esse efeito, reforçando a sinergia entre os dois bioinsumos na promoção do crescimento e na eficiência fisiológica da planta.

Por outro lado, o colmo não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, possivelmente devido à sua menor sensibilidade às variações no manejo nutricional ou à predominância de fatores genéticos em sua formação. Esses resultados indicam que o uso de RCV, isoladamente ou em combinação com Azo, é uma estratégia eficiente para aumentar a biomassa total do milho, com impactos positivos nos componentes morfológicos mais diretamente relacionados ao desempenho produtivo. Além disso, o uso desses bioinsumos contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis, promovendo ganhos de produtividade sem comprometer os recursos naturais.

Tabela 2. Produção (kg.ha⁻¹) de massa verde total e dos componentes morfológicos do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item (kg. ha ⁻¹)	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Forragem	44750 ^b	53594 ^{ab}	56606 ^a	51500 ^{ab}	11,02	0,0367
Espiga	12931 ^b	13706 ^{ab}	15206 ^a	12588 ^b	10,10	0,0466
Colmo	17588 ^a	17025 ^a	17438 ^a	16938 ^a	14,73	0,9714
Folha	8325 ^b	8875 ^b	10450 ^a	9437 ^{ab}	9,47	0,0145

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

Lin et al. (2019) observou um incremento da biomassa vegetal do milho inoculado com rizobactérias promotoras de crescimento no estágio V6, para os componentes raiz, colmo e folhas, que aumenta com 34,8%, 63% e 41,3%, respectivamente. No presente estudo, a aplicação com RCV propiciou aumento de 5,62% para produção de massa de forragem, 10,94% para espiga e 17,75% para folha em relação ao tratamento com inoculante Azo. A aplicação do Azo resultou em melhorias significativas no desenvolvimento vegetativo do milho, com aumento de 14,7% na produção de forragem e 11,6% na produção de folhas em comparação ao controle. Esses ganhos refletem a contribuição do Azo para o fornecimento de nutrientes e estímulo ao crescimento das plantas, aumentando a biomassa e a área foliar. Para os componentes espiga e colmo, o Azo também teve incrementos de 13,6% e 0,8%, respectivamente, embora sem diferenças estatísticas significativas, sugerindo que a resposta dessas estruturas ao Azo pode ser limitada por fatores ambientais ou genéticos.

A aplicação aumentou os parâmetros de crescimento do milho, o que pode ser atribuído a melhor promoção de absorção dos nutrientes essenciais que são encarregados pela alta taxa de fotossíntese (Biari; Gholami & Rahmani, 2008; Calvo et al., 2017), propiciando assim um sistema radicular mais robusto e maior biomassa (Lin et al., 2019).

Para a produção de massa seca total (Tabela 3) não houve diferença significativa entre os tratamentos para os componentes espiga e colmo ($p > 0,1$), sendo observado efeito dos tratamentos para forragem e folha ($P < 0,1$). O bioinsumo RCV propiciou maior média de massa seca da forragem e folha, sendo os tratamentos com Azo e aplicação combinada semelhante a RCV.

Tabela 3. Produção (kg.ha⁻¹) de massa seca total e dos componentes morfológicos do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item (kg.ha ⁻¹)	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Forragem	13550 ^b	15541 ^{ab}	16621 ^a	14548 ^{ab}	9,93	0,0377
Espiga	6243 ^a	7093 ^a	7237 ^a	634 ^a	19,61	0,5414
Colmo	3554 ^a	3583 ^a	3931 ^a	3387 ^a	11,11	0,1369
Folha	2093 ^b	2336 ^{ab}	2543 ^a	2362 ^{ab}	9,32	0,0458

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

A resposta à aplicação de bioestimulantes, como o Stimulate e Azospirillum sp., varia conforme as condições, com aumento da produtividade sendo observado em alguns casos (Martins et al., 2016). No presente estudo, a aplicação com RCV resultou em um leve aumento na produção de massa seca dos componentes forragem e folha, em comparação ao tratamento que recebeu o bioinsumo controle.

A inoculação de bactérias eficientes é tida como um distinto desenvolvimento tecnológico disponibilizado no mercado com o intuito de melhorar a capacidade das plantas na fixação de nitrogênio (Medina; Rotondo; Rodríguez, 2024).

Os resultados obtidos nesse estudo foram semelhantes ao encontrado no estudo de Hernández et al. (2024), que observaram um efeito significativo da inoculação de *Azospirillum brasiliense* (Az39) na cultura do milho no estágio V4 em comparação ao tratamento controle. Especificamente, os autores relataram um aumento de 15% na altura das plantas, 12% no diâmetro do colmo, e 20% no peso das folhas, além de um aumento de 18% na matéria seca em relação ao controle. Esses dados indicam que a aplicação de *Azospirillum brasiliense* (Az39) pode melhorar de forma significativa o crescimento e o desenvolvimento do milho, assim como observado no presente estudo, que também encontrou resultados positivos na produtividade e qualidade dos componentes da planta.

Para o parâmetro de produção de grãos (Tabela 4) houve diferença significativa (p < 0,1) para o uso de diferentes bioinsumos. O RCV propiciou maior média de peso verde e seco. No peso seco, o bioinsumo Azo se assemelhou ao RCV, como também não diferiu estatisticamente dos demais.

Tabela 4. Produção de Grãos (kg.ha⁻¹) do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Peso verde	11749 ^b	7080,92 ^c	16099 ^a	111,11 ^b	14,69	<0,0001
Peso seco	6443,78 ^b	6743,78 ^{ab}	10334 ^a	5745,86 ^b	31,21	0,0334

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

No estudo de Gaiotto et al. (2023), foi observado um aumento significativo nos parâmetros produtivos do milho com o uso isolado de Stimulate®. Os autores relataram um aumento de 18% na massa de grãos por espiga, 12% no peso de 1000 grãos e 16% na produtividade de grãos em comparação ao tratamento controle. Esses resultados são consistentes com os encontrados no presente estudo, que também indicou melhorias nos componentes da espiga, refletindo positivamente na massa de matéria seca das espigas e na produtividade de grãos, conforme destacado por Cruz et al. (2008).

O RCV é capaz de promover o estímulo do desenvolvimento radicular da planta, possibilitando incremento da absorção de água e nutrientes através das raízes (VIEIRA; SANTOS, 2005). Em estudo com sementes de girassol, Santos et al. (2013) observaram que a pré-embebição das sementes favoreceu a germinação, resultando em plântulas mais vigorosas, o que, por sua vez, pode aumentar o peso final das plantas.

Não houve diferença significativa (p>0,1) para a porcentagem dos componentes morfológicos do milho híbrido em relação aos diferentes tipos de bioinsumo (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentagem dos componentes morfológicos do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
% Espiga	51,27	52,30	54,55	50,85	10,04	0,69
% Colmo	28,54	29,38	29,19	30,83	10,46	0,69
% Folha	18,58	19,50	16,56	18,31	17,63	0,55
Folha/Colmo	99,25	101,96	101,03	100,59	46,59	0,68

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

Quanto ao comprimento e diâmetro da espiga do milho híbrido (Tabela 6) não houve diferença significativa entre os tratamentos (p > 0,1). Isso sugere que, embora os bioinsumos

possam afetar outros aspectos do crescimento e desenvolvimento do milho, as características morfológicas específicas da espiga não são alteradas.

Os resultados esboçados no presente estudo se assemelharam aos observados por Smaniotto et al. (2023), em que as variáveis de diâmetro e comprimento da espiga do híbrido de milho Dekalb VT PRO 2 de segunda safra no estágio V6, recebendo inoculação de *Azospirillum brasilense*, não diferiu estatisticamente entre os tratamentos com diferentes dosagens de inoculante.

Tabela 6. Medidas agrônômicas da espiga do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item (mm)	Bioinsumo			CV ³	P valor	
	Controle	Azo ¹	RCV ² Combinada			
Comprimento	153,20	139,64	152,23	146,19	13,06	0,6711
Diâmetro	52,68	49,77	53,33	57,03	12,21	0,4045

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

Brum et al. (2016) observaram uma resposta positiva da aplicação de sementes de milho com *A. brasiliense*, evidenciada pelo aumento significativo nas variáveis de comprimento e diâmetro das espigas. Em seu estudo, o comprimento médio das espigas foi de (0,1558 m) e o diâmetro médio foi de (0,0438 m). No entanto, os resultados obtidos no presente estudo diferiram desses achados, não demonstrando o mesmo efeito positivo nas mesmas variáveis. O volume da raiz (Tabela 7) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados ($p > 0,1$).

Tabela 7. Volume da raiz do milho (híbrido FERROZ VIP3) resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo			CV ³	P valor	
	Controle	Azo ¹	RCV ² Combinada			
Volume de Raiz (cm ³)	238	240	272	208	30,43	0,5960

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

No estudo de Marques et al. (2023), foi avaliado o volume de raiz de milho inoculado com uma mistura de duas cepas homólogas de *Azospirillum brasiliense*. Os resultados indicaram que, apesar da aplicação do inoculante, o tratamento controle (sem inoculação) apresentou superioridade em relação aos tratamentos com o inoculante. Especificamente, o volume de raiz das plantas no tratamento controle foi significativamente maior, o que sugere

que a inoculação com as cepas de *Azospirillum brasiliense* não resultou em um efeito positivo sobre o crescimento radicular, ao contrário do que seria esperado em função das propriedades conhecidas de fixação de nitrogênio e promoção de crescimento dessas bactérias. Esses achados sugerem a necessidade de ajustes nos protocolos de inoculação ou nas condições ambientais para maximizar os benefícios dessa inoculação nas culturas de milho.

De acordo com Barbosa et al. (2020), os compostos liberados pelas raízes das plantas detêm uma grande variedade de estruturas e classes químicas, bem como considerável variação quantitativa na escala de tempo referente as influências ambientais. Respostas ineficientes das plantas à inoculação com *Azospirillum* podem relacionar-se a composição dos rizodépósitos, que realizam a sinalização para que a colonização assídua da planta alcance uma associação de longa data que possibilite a expressão de suas características que promovem o crescimento (Bashan et al., 2014; Hungria et al., 2010).

Para a composição nutricional (Tabela 8) da forragem do milho, o teor de matéria seca, carboidratos totais e matéria orgânica não apresentaram diferença significativa ($p > 0,1$) entre os tratamentos. Os demais parâmetros apresentaram diferença significativa ($p < 0,1$), em que a matéria mineral deteve maior média para o bioinsumo combinado, bem como para o teor de proteína bruta e carboidratos não-fibrosos. Em contrapartida, o tratamento com Azo propiciou maior teor de fibra em detergente neutro, não diferindo do RCV.

Para Extrato Etéreo o melhor resultado foi obtido no tratamento com o uso do RCV. Os resultados de lignina demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos, com o controle apresentando o maior valor (4,25%), seguido pelo RCV (3,80%), combinada (3,95%) e, por último, o Azo (3,22%). Essas variações indicam que a aplicação do bioinsumo Azo resultou na menor quantidade de lignina, sugerindo uma possível influência do bioinsumo na modulação da parede celular das plantas, o que pode impactar a digestibilidade da biomassa.

Quanto à fibra em detergente ácido (FDA), também foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. O controle apresentou o maior valor de FDA (30,32%), seguido pelo RCV (29,48%) e Azo (28,61%). O tratamento combinado apresentou a menor quantidade de FDA (25,03%), sugerindo que a combinação de bioinsumos pode ter favorecido a redução da fibra em detergente ácido, o que pode refletir em maior digestibilidade e aproveitamento da planta para ruminantes. Essas diferenças indicam a

eficácia dos bioinsumos na modulação da composição fibrosa das plantas, com impacto direto em sua qualidade nutricional.

Tabela 8. Composição nutricional da forragem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Matéria Seca (%)	28,59	30,31	28,36	27,72	7,47	0,311
Material Mineral (%)	6,04 ^b	6,26 ^b	6,30 ^b	6,97 ^a	4,93	0,003
Lignina (%)	4,25 ^a	3,22 ^c	3,80 ^b	3,95 ^{ab}	5,74	<,000 1
Proteína Bruta (%)	9,57 ^b	9,60 ^b	9,59 ^b	10,33 ^a	3,10	0,004
Extrato Etéreo (%)	2,76 ^b	2,39 ^b	3,46 ^a	2,43 ^b	14,00	0,003
Fibra em detergente Neutro (%)	52,45 ^b	55,43 ^a	54,27 ^{ab}	51,66 ^c	2,86	0,0084
Fibra em detergente ácido (%)	30,32 ^a	28,61 ^b	29,48 ^{ab}	25,03 ^c	3,12	<,000 1
Carboidratos Totais	81,71	81,43	81,02	80,94	1,71	0,796
Carboidratos não fibrosos(cp) (%)	29,61 ^b	25,80 ^c	26,85 ^c	32,35 ^a	4,53	<,000 1
Matéria Orgânica (%)	93,95	93,73	93,94	93,47	0,62	0,543

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

A matéria seca não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com valores variando de 27,72% a 30,31%. De acordo com McDonald et al. (1991), a faixa ideal de matéria seca para a ensilagem de milho é entre 30% e 35%, o que é compatível com os valores observados neste estudo.

O tratamento com aplicação combinada apresentou um aumento significativo no conteúdo de material mineral. De acordo com Bashan e de-Bashan (2010), bioinsumos como *Azospirillum brasilense* podem aumentar a absorção de nutrientes essenciais, corroborando nossos achados. Hungria et al. (2010) também relataram que a aplicação de bioinsumos pode aumentar a concentração de minerais no tecido vegetal.

A redução significativa nos níveis de lignina observada no tratamento com Azo está em consonância com os resultados de Moraes et al. (2019), que relataram uma diminuição na lignificação de plantas de milho após a aplicação de bioinsumos. A lignina é um componente que pode reduzir a digestibilidade da forragem, e sua redução pode melhorar a qualidade nutricional da silagem.

O tratamento com aplicação combinada apresentou um aumento significativo na proteína bruta. Este resultado se assemelha com os estudos de Dobbelaere et al. (2003), que

relataram um aumento no teor de proteína em plantas de milho tratadas com *Azospirillum brasilense*, devido à capacidade deste bioinsumo de fixar nitrogênio atmosférico.

O aumento no extrato etéreo no tratamento RCV sugere um efeito positivo dos reguladores de crescimento vegetal no acúmulo de lipídios nas plantas. Segundo Szymańska et al. (2016), a aplicação de reguladores de crescimento pode aumentar o conteúdo de lipídios nas plantas, melhorando o valor energético da forragem.

Os níveis de FDN e FDA variaram significativamente entre os tratamentos. Van Soest (1994) destacou que menores valores de FDN e FDA estão associados a uma maior digestibilidade da forragem. Os resultados do tratamento com aplicação combinada, que apresentou menor FDN e FDA, indicam uma melhor digestibilidade, o que está alinhado com os achados de Carvalho et al. (2010), que relataram melhorias na qualidade da fibra com o uso de bioinsumos.

O tratamento Combinada apresentou um aumento significativo nos CNF ($P < 0,0001$). Este resultado é consistente com os achados de Hungria et al. (2010), que observaram um aumento nos açúcares solúveis em plantas de milho tratadas com bioinsumos. Os CNF são altamente digestíveis e uma fonte importante de energia para ruminantes, aumentando o valor nutricional da forragem.

Em relação a composição nutricional da folha do milho (Tabela 9), houve diferença significativa ($p < 0,1$) para os parâmetros de lignina, com menores teores para os tratamentos AZO e RCV; proteína bruta, onde o tratamento controle apresentou menor média; fibra em detergente neutro, com menor teor para o tratamento RCV; assim como para a o teor de carboidratos não fibrosos, com maiores médias para o tratamento combinado e RCV, respectivamente. A fibra em detergente neutro (FDN) apresentou uma diferença não significativa entre os tratamentos ($P = 0,0632$), com valores variando entre 63,27% (RCV) e 67,38% (Combinada), com tendência de redução nos tratamentos Azo e RCV. Por outro lado, a fibra em detergente ácido (FDA) mostrou uma diferença significativa ($P = 0,0006$), com o RCV (31,44%) e Azo (32,89%) apresentando menores valores em comparação ao controle (35,34%), o que pode indicar uma melhoria na digestibilidade das plantas tratadas com esses bioinsumos.

Tabela 9. Composição nutricional da folha do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Matéria Seca (%)	23,10	22,96	22,15	22,93	3,515036	0,6165
Material Mineral (%)	11,53	10,75	12,17	12,22	9,312399	0,1684
Lignina (%)	5,48 ^a	4,16 ^b	3,11 ^b	6,05 ^a	15,49351	0,0002
Proteína Bruta (%)	15,09 ^b	19,13 ^a	17,70 ^a	18,32 ^a	6,995950	0,0013
Extrato Etéreo (%)	4,68	4,61	4,66	3,86	18,55544	0,3674
Fibra em detergente Neutro (%)	66,29 ^{ab}	64,63 ^{ab}	63,27 ^b	67,38 ^a	3,468898	0,0632
Fibra em detergente ácido (%)	35,34 ^a	32,89 ^{ab}	31,44 ^{bc}	37,24 ^c	4,804625	0,0006
Carboidratos Totais (%)	81,72	81,44	81,59	81,94	1,442507	0,9167
Carboidratos não fibrosos(cp) (%)	27,37 ^{bc}	26,72 ^c	30,88 ^{ab}	31,76 ^a	7,866501	0,0100
Matéria Orgânica (%)	93,51	93,73	93,94	93,48	0,831274	0,7636

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

O alto teor de lignina no tratamento controle e combinado de ambos os componentes, folha (Tabela 9) e forragem (Tabela 8) pode estar relacionado ao ponto crítico de desenvolvimento do estágio que o híbrido se encontra, ou seja, onde ocorre uma preparação para um crescimento ágil e formação de estruturas reprodutivas. Como a lignina está envolvida na estrutura e rigidez da planta, nesse estágio o seu teor é aumentado.

Os valores de proteína bruta da folha encontrados no presente estudo foram superiores ao encontrado por Smaniotto et al. (2023) utilizando inoculação com *Azospirillum brasilense* via folha em milho no estágio V6, com 13,13% de PB.

Os produtos RCV e Azo pode ter ocasionado maior média de proteína bruta em ambos os parâmetros, de folha e forragem, pela promoção da melhoria absorviva de nutrientes através do RCV e o incremento de disponibilidade de nitrogênio para a planta pela *Azospirillum brasilense*, aumentando o teor de proteínas e promovendo um crescimento mais vigoroso.

A análise dos resultados de Fibra em Detergente Neutro (FDN) mostrou que o tratamento com RCV2 apresentou o menor teor de fibra (63,27%), em comparação aos

outros tratamentos, embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($P=0,0632$). O tratamento combinado apresentou o maior valor de FDN (67,38%), sugerindo que a aplicação combinada pode ter favorecido a formação de fibras mais resistentes. Esses resultados indicam que a aplicação de RCV2 pode reduzir a acumulação de FDN, o que é vantajoso para a digestibilidade das forragens. Já em relação aos Carboidratos Não Fibrosos (CNF), o tratamento combinado obteve a maior porcentagem (31,76%), seguido de RCV2 com 30,88%. Esses resultados foram estatisticamente significativos ($P=0,0100$), evidenciando que a aplicação combinada de RCV e Azo pode ter promovido um aumento na produção de carboidratos não fibrosos, que são essenciais para o crescimento da planta e para a produção de energia. O tratamento com RCV2 isolado também teve um bom desempenho em relação aos CNF, indicando que esse bioinsumo pode contribuir significativamente para a melhoria do conteúdo de carboidratos utilizáveis pelas plantas.

Os valores de produção de proteína bruta (Tabela 10) a forragem do milho não apresentou diferença significativa ($p > 0,1$) para nenhum dos tratamentos. No entanto, para a variável de produção de proteína bruta de folha, houve diferença ($p < 0,1$) entre os tratamentos, onde o bioinsumo Azo apresentou maior média, não diferindo estatisticamente do RCV.

Tabela 10. Produção de Proteína Bruta ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de folha e forragem do milho (híbrido FEROS VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Produção	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Forragem	1459	1368	1602	1342	15,87	0,3140
Folha	366 ^c	461 ^{ab}	499 ^a	405 ^{bc}	6,73	0,0007

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,1$).

A composição nutricional da silagem do milho (Tabela 11) em resposta a aplicação foliar dos bioinsumos apresentou diferença significativa ($p > 0,1$) para algumas variáveis, destacando a influência dos bioinsumos nas características químicas das plantas analisadas. O Material Mineral apresentou diferença significativa ($p < 0,0001$), com o tratamento combinado mostrando valores mais elevados (5,64%) quando comparado aos outros tratamentos, com exceção do controle, que apresentou 5,71%. Esse aumento sugere que o uso de bioinsumos pode ter influenciado positivamente a disponibilidade de minerais essenciais nas plantas. Para Lignina, uma diferença significativa foi observada ($p = 0,0003$), com o controle e o tratamento Azo apresentando as maiores concentrações (5,10% e 5,47%,

respectivamente), enquanto os tratamentos RCV2 (4,00%) e combinado (3,87%) mostraram valores inferiores, indicando que esses bioinsumos podem ter promovido uma menor deposição de lignina, possivelmente refletindo uma maior digestibilidade ou melhor aproveitamento das plantas.

Em relação à Celulose, houve uma diferença significativa ($p = 0,0415$), com o tratamento combinado (23,54%) apresentando a maior concentração, seguido pelo controle (23,01%). Já o Azo (21,29%) teve o menor valor, sugerindo que o uso combinado pode ter influenciado positivamente a produção de celulose, que é essencial para a estrutura das paredes celulares. Por fim, para o Nitrogênio Não-Digerível em Detergente Neutro (NIDN), houve uma diferença significativa ($p = 0,0115$), com o controle e o tratamento combinado apresentando os maiores valores (0,26% e 0,26%, respectivamente), indicando que esses tratamentos podem ter promovido uma maior quantidade de nitrogênio não-digerível, o que pode refletir uma menor eficiência na utilização da proteína pelas plantas.

Tabela 11. Composição nutricional da Silagem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
Matéria Seca (%)	27,83	27,3746	27,8360	27,8997	5,42	0,9405
Material Mineral	5,71 ^a	5,2200 ^b	5,6420 ^a	5,3940 ^a	4,98	<0,0001
Fibra em detergente Neutro	51,11	50,75	48,91	51,15	3,52	0,22026
Hemicelulose	23,38	22,60	22,24	23,53	4,95	0,2664
Fibra em detergente Ácido	27,89	28,07	26,63	27,61	4,55	0,3182
Lignina	5,10 ^a	5,47 ^a	4,00 ^b	3,87 ^b	10,12	0,0003
Celulose	23,01 ^{ab}	21,29 ^b	22,48 ^{ab}	23,54 ^a	4,92	0,0415
Proteína Bruta	7,99 ^c	9,96 ^b	10,01 ^b	10,89 ^a	9,06	0,4120
Extrato etéreo	1,61	1,67	1,19	1,21	22,65	0,0642
NIDN ⁴	0,26 ^a	0,23 ^b	0,24 ^{ab}	0,26 ^a	6,34	0,0115
CIDN ⁵	0,01	0,01	0,01	0,01	25,98	0,8767
NIDA ⁶	0,13	0,14	0,15	0,1401	17,95	0,7329

PIDN ⁷	0,8545	0,8840	0,9626	0,8758	17,95	0,7329
-------------------	--------	--------	--------	--------	-------	--------

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1); ⁴NIDN: N- insolúvel em detergente neutro; ⁵CIDN: Conteúdo de ingredientes digestíveis não nitrogenados; ⁶NIDA: Nitrogênio insolúvel em Detergente Ácido; ⁷PIDN: Proteína Insolúvel em Detergente Neutro.

Os valores de lignina encontrados no presente estudo foram inferiores aos relatados por Skonieski et al. (2017) para silagem de milho tratada com inoculante de Azo, que apresentaram 32,4 g/kg de MS. Por outro lado, os valores de celulose e NIDN observados por esses autores foram semelhantes, com médias de 219,3 g/kg de MS e 229,4 g/kg de MS, respectivamente. Os valores de proteína bruta observados nos tratamentos com inoculação neste estudo foram superiores aos reportados pelos autores mencionados (82,8 g/kg de MS). Por outro lado, Jalc, Lauková e Kisidayová (2010) constataram que a composição nutricional de silagens de milho inoculadas com diferentes bactérias não apresentou diferença significativa em comparação aos demais tratamentos, como silagem de capim e silagem de capim com inoculação.

As análises do valor nutricional da silagem demonstraram que o inoculante Azo alterou a estrutura da parede celular e de outros componentes associados ao valor nutricional da silagem (Skonieski et al., 2017), efeito que pode ser atribuído à produção de enzimas, como celulases e hemicelulases, ou à modificação do perfil microbiano durante a fermentação. Essas alterações reduzem a concentração de lignina e promovem mudanças em componentes como celulose e hemicelulose, aumentando a digestibilidade da fibra. Esses mecanismos também podem explicar os resultados encontrados neste estudo.

Os parâmetros perdas por gases, efluentes, RMS e pH da silagem do milho em resposta a aplicação foliar dos bioinsumos (Tabela 12) não detiveram diferença significativa para os tratamentos estudados ($p > 0,1$).

Tabela 12. pH e perdas da silagem do milho (híbrido FERROZ VIP3) em resposta a aplicação foliar de diferentes bioinsumos.

Item	Bioinsumo				CV ³	P valor
	Controle	Azo ¹	RCV ²	Combinada		
pH	3,93	3,88	3,87	3,86	1,35	0,2353
PG ⁴	0,02	0,03	0,02	0,02	16,37	0,1400
PE ⁵	0,14	0,12	0,09	0,15	31,79	0,1895
RMS ⁶	117,92	12,95	130,09	119,03	7,75	0,192

¹*Azospirillum brasilense*; ²Regulador de crescimento vegetal; ³CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1); ⁴PG:Perda por gases; ⁵PE:Perda por efluentes; ⁶RMS:Recuperação de matéria seca em % de matéria natural.

Como não houve diferença significativa, os índices de PG e PE indicaram que não ocorreu perda do valor nutritivo da silagem, uma vez que ambos são indicadores de perdas de matéria seca. Apesar da ausência de diferença estatística para a RMS, o tratamento com Stimulate® apresentou, numericamente, a maior média de recuperação de matéria seca após o processo de ensilagem. Esse resultado pode ser atribuído à redução de perdas durante a fermentação e ao estímulo de um crescimento vegetal mais vigoroso, promovido pela ação de auxinas, citocininas e giberelinas, que contribuíram para o aumento do teor de matéria seca.

VI. CONCLUSÃO

Conclui-se que a aplicação de *A. brasiliense* e Stimulate, de forma isolada ou combinada, contribui para melhorias nas características agronômicas e bromatológicas do milho híbrido FERROZ VIP3A, sem ocasionar reduções nos parâmetros de qualidade da silagem.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. et al. Efeitos do bioestimulante Stimulate na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 45-52, 2019.

AOAC. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13. ed. Washington: AOAC, 1980. 1018p

BAIS, H. P., WEIR, T. L., PERRY, L. G., et al. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**, 57, 233-266

BARBOSA, M. S. et al. Root exudate supplemented inoculant of *Azospirillum brasilense* Ab-V5 is more effective in enhancing rhizosphere colonization and growth of maize. **Environmental Sustainability**, v. 3, n. 2, p. 187–197, 5 jun. 2020.

BASHAN, Y., DE-BASHAN, L. E., PRABHU, S. R., & HERNANDEZ, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant and Soil**, 378(1-2), 1-33.

BASHAN, Y., & DE-BASHAN, L. E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. **Advances in Agronomy**, 108, 77-136.

BARASSI, C. A., SUELDO, R. J., CREUS, C. M., CARROZZI, L. E., CASANOVAS, E. M., & Pereyra, M. A. (2008). *Azospirillum* spp. inoculation in growth chambers and in the field: Dose-response, survival and growth promotion of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant and Soil**, 300 (1-2), 93-104.

BIARI, A.; GHOLAMI, A.; RAHMANI, H. A. Growth Promotion and Enhanced Nutrient Uptake of Maize (*Zea mays*L.) by Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Arid Region of Iran. **Journal of Biological Sciences**, v. 8, n. 6, p. 1015–1020, 1 ago. 2008.

BORTOLOTTI, G.; SAMPAIO, R. M. Demandas tecnológicas: os bioinsumos para controle biológico no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. 26927, 19 maio 2022.

BRUM, M. D. S. et al. Components of corn crop yield under inoculation with *Azospirillum brasilense* using integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 485, 2 set. 2016.

CALVO, P. et al. Effect of microbial-based inoculants on nutrient concentrations and early root morphology of corn (*Zea mays*). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, n. 1, p. 56–70, 18 fev. 2017.

CARVALHO, J. G., & NAKAGAWA, J. (2010). "Produção de sementes de alta qualidade." In J. G. de Carvalho, J. Nakagawa (Eds.), **Produção e Tecnologia de Sementes**. Fundação MT.

CASANOVAS, E. M., BARASSI, C. A., & SUELDO, R. J. (2002). Azospirillum inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. **Cereal Research Communications**, 30(3-4), 343-350.

CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 62–68, fev. 2008.

DAVIES, P. J. *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, 2004.

DETMANN, E., SOUZA, M.A., VALADARES FILHO, S.C., QUEIROZ, A.C., BERCHIELLI, T.T., SALIBA, E.O.S., CABRAL, L.S., PINA, D.S., LADEIRA, M.M., & AZEVEDO, J.A.G. (2021). **Methods for food analysis = Métodos para análise de alimentos. Suprema**, Visconde do Rio Branco, MG, Brasil.

DOBBELAERE, S., VANDERLEYDEN, J., & OKON, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 22(2), 107-149.

DOBBELAERE, S., CROONENBORGH, A., THYS, A., PTACEK, D., VANDERLEYDEN, J., & DUTTO, P. (2003). "Responses of agronomically important crops to inoculation with Azospirillum." **Australian Journal of Plant Physiology**, 28(9), 871-879.

FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statistical Yearbook*.

FERREIRA, C.; SILVA, E. Aplicação de bioestimulantes em hortaliças. **Revista de Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 385-390, 2017.

GAIOTTO, A. H. P. et al. Nicotinamida, Azospirillum brasilense e mistura de fitohormônios como bioestimulantes em milho. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 10, n. 2, p. e7082, 3 maio 2023.

GOLDSTEIN, D. J. et al. (2014). *Field Crop Production*. University of Nebraska–Lincoln.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant Propagation: Principles and Practices**. 8. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2011.

HERNÁNDEZ, A. G. et al. Inoculation methods and agronomic efficiency of Azospirillum brasilense Strain Az39 for corn crop under different Brazilian edaphoclimatic conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 1, p. 1–8, 14 mar. 2024.

HUNGRIA, M., NOGUEIRA, M. A., & ARAUJO, R. S. (2010). Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, 46(5), 555-570.

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J., & NOGUEIRA, M. A. (2010). "Inoculation of *Azospirillum brasilense* in maize and wheat: in search for consistent results." **Plant and Soil**, 252, 11-23.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1–2, p. 413–425, 13 jun. 2010.

JALC, D.; LAUKOVÁ, A.; KISIDAYOVÁ, S. Effect of inoculants on fermentation parameters and chemical composition of grass and corn silages. **Slovak J. Anim. Sci.**, v. 43, n. 3, p. 141–146, 2010.

JOBIM, Clóves Cabreira; NUSSIO, Luiz Gustavo; REIS, Ricardo Andrade; SCHMIDT, Patrick. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 36, n. , p. 101-119, jul. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982007001000013>.

KULKARNI, M.; DODD, I. C. Auxin effects on the growth and function of roots and root systems. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 9, p. 3199-3214, 2012.

LIN, Y. et al. Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria at Various Nitrogen Rates on Corn Growth. **Agricultural Sciences**, v. 10, n. 12, p. 1542–1565, 2019.

LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, 57, (4), 347 – 358. 10.1016/0377-8401(95)00837-3.

LUGTENBERG, B. **Plant growth-promoting rhizobacteria**. 1. ed. Springer, 2015.

MARTINS, D. C. et al. Produtividade de Duas Cultivares de Milho Submetidas ao Tratamento de Sementes com Bioestimulantes Fertilizantes Líquidos e *Azospirillum* sp. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 217–228, 30 ago. 2016.

MARQUES, D. M. et al. Does *Azospirillum brasilense* mitigate water stress and reduce the use of nitrogen fertilizers in maize? **South African Journal of Botany**, v. 156, p. 278–285, maio 2023.

McDonald, P., HENDERSON, A. R., & HERON, S. J. E. (1991). **The Biochemistry of Silage**. 2nd edition. Chalcombe Publications.

MEDINA, G. DA S.; ROTONDO, R.; RODRÍGUEZ, G. R. Innovations in Agricultural Bio-Inputs: Commercial Products Developed in Argentina and Brazil. **Sustainability**, v. 16, n. 7, p. 2763, 27 mar. 2024.

MOULICK, A., MAJI, D., & GHOSH, P. K. (2020). Enhancing nutritional quality of maize through application of bioinoculants. **Journal of Plant Nutrition**, 43(12), 1805-1817.

MORAES, J. E., SILVA, P. R. F., & BOLLER, W. (2019). "Redução da lignina e melhoria da digestibilidade em plantas de milho com a aplicação de bioinsumos." **Agricultural Science Journal**, 45(2), 159-167.

MOK, D. W. S.; MOK, M. C. Cytokinins: Chemistry, Activity, and Function. Boca Raton: CRC Press, 2001.

OMAR, Mohamed; RABIE, Hassan A.; MOWAFI, Saber A.; OTHMAN, Hisham T.; EL-MONEIM, Diao Abd; ALHARBI, Khadiga; MANSOUR, Elsayed; ALI, Mohamed M. A.. Multivariate Analysis of Agronomic Traits in Newly Developed Maize Hybrids Grown under Different Agro-Environments. **Plants**, [S.L.], v. 11, n. 9, p. 1187, 28 abr. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11091187>.

PANDEY, N.; SINGH, B. The role of gibberellic acid in improving plant performance under stress conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, n. 1, p. 41-51, 2011.

PARDO, A., CASTRO, M., & ROMERO, L. (2019). Influence of biofertilizers on maize growth and nutrient uptake. **Field Crops Research**, 242, 107-115.

PHINNEY, B. O. Gibberellins in Higher Plants: Efficacy, Activity, and Applications. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 407-428, 2006.

SANTOS, C. A. C. DOS et al. Stumulate® na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 605–616, 2013.

SARKAR, D.; LAHIRI, A. Kinetin and plant aging: Impact on senescence. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, n. 15, p. 1402-1410, 2013.

SCHEFFER-BASSO, S. M. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de Adesmia DC. e Lotus L.** [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

SKONIESKI, F. R. et al. Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 9, p. 722–730, set. 2017.

SMANIOTTO, A. O. et al. Agronomic performance of second crop maize grown under different methods of inoculation with *Azospirillum brasilense*1. **Revista Ceres**, v. 70, n. 6, 2023.

SILVA, A. C. et al. Utilização de bioestimulantes na produção de soja. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 230-238, 2020.

SILVA, C. M. et al. Reguladores de crescimento vegetal e seus efeitos no desenvolvimento das plantas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 30, n. 2, p. 155-162, 2018.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

SUMAN, N., KIM, S. K., & MISHRA, P. K. (2016). Mycorrhizal fungi and their potential for sustainable agriculture. **Agricultural Sciences**, 7(5), 452-461.

SZYMAŃSKA, R., PŁACHETKA-BOŹEK, A., Zych, M., KIEŁKIEWICZ, M., & WIŚNIEWSKI, J. (2016). "Influence of plant growth regulators on lipid content and composition in plants." **Plant Physiology and Biochemistry**, 108, 149-158.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TRACHSEL S, SAN VICENTE FM, SUAREZ EA, RODRIGUEZ CS, ATLIN GN. **Efeitos da densidade de plantio e do nível de fertilização com nitrogênio no rendimento de grãos e no índice de colheita em sete híbridos modernos de milho tropical (*Zea mays* L.).** *The Journal of Agricultural Science* . 2016;154(4):689-704. doi:10.1017/S0021859615000696

TAIZ, L., & ZEIGER, E. (2017). **Fisiologia Vegetal** (6ª ed.). Artmed.

VAN SOEST, P. J. (1994). "Nutritional ecology of the ruminant." **Cornell University Press**.

VASSILEV, N., VASSILEVA, M., & VASSILEV, D. (2015). Biofertilizers: The Use of Microorganisms in Agriculture. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 15(3), 1-16.

VIDAL, M. C. et al. Bioinsumos: a Construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, v. 12, n. 3, p. 557, 20 fev. 2022.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERÍSSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e sua relação com a produção sustentável. In: **Sanidade Vegetal: Uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. 1. ed. Florianópolis - RS: CIDASC, 2020. p. 383–409.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, v. 17, n. 1, p. 01–08, 2005.

ZHANG, F., HUANG, X., & LI, W. (2021). Synergistic effects of combined bioinoculants on maize growth and soil health. **Journal of Agricultural Science**, 159(7), 897-909.

Wang, J., Zeng, F., & Chen, X. (2020). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the growth and nutritional quality of maize. **Plant Growth Regulation**, 92, 327-339.