

**PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRICIONAL DO MILHO PARA SILAGEM
SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES VEGETAIS**

**PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE OF CORN FOR SILAGE SUBJECTED TO
THE APPLICATION OF PLANT BIOSTIMULANTS**

**PRODUCTIVIDAD Y VALOR NUTRICIONAL DEL MAÍZ PARA ENSILAJE SOMETIDO
A LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES VEGETALES**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n10-115>

Data de submissão: 03/10/2025

Data de publicação: 01/11/2025

Jhon Barbosa da Silva Amaral¹

Mestrado em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: f.nandalima73@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-3492-8387>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8809535028625243>

Fábio Andrade Teixeira

Docente do curso de Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: teixeira@uesb.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1215-7342>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3478154614532513>

Renata Rodrigues Jardim

Doutorado em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: renatajardimagro@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4022-5541>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0968855382817945>

Natan Teles Cruz

Docente do curso de Agroecologia

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

E-mail: ntelescruz@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8164-0429>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6012485859540971>

Hackson Santos da Silva

Doutorado em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: hackkson@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4590-5850>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6776717310443066>

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

Brenda Emilly Ferreira dos Santos

Doutoranda em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: brendaferreira75@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-2912-9958>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/949904063250837>

Thatiane Mota Vieira

Doutoranda em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: thatianemotta.25@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9869-0713>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8319618861586901>

Jessica da Silva Fernandes

Mestranda em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: Jessica_fernandes7@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-8116-6332>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4571219437578537>

Brenda Silva de Oliveira

Mestranda em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: brendazooquesb@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-6798-2810>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9190842447438535>

Tiago Pereira Ribeiro dos Santos

Mestrando em Zootecnia

Instituição: Universidade Federal de Sergipe

E-mail: pereirazootec@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-5671-2168>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2789204165428660>

Grazielle Goes Rios

Mestrado em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: graziellegoesrios@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5756-9462>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4806535893125485>

Mário Henrique Melo e Lima

Doutorado em Zootecnia

Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: graziellegoesrios@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3942>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2520015451266533>

RESUMO

A crescente demanda por alimentos estimula a busca por práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis. Neste cenário, o uso de bioestimulantes vegetais se apresenta como alternativa viável para aumentar a produtividade das culturas e favorecer o cultivo em condições adversas. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos isolados e combinados de bioestimulantes vegetais sobre as características agronômicas e a qualidade fermentativa da silagem de milho. O experimento foi conduzido entre março e julho de 2023, na área experimental do Setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em delineamento em blocos casualizados. Utilizou-se o milho híbrido feroz VIP3, submetido à aplicação de *Azospirillum brasiliense*, fitormônios exógenos ou à combinação de ambos, e um tratamento controle adicional. Aos 79 dias após o plantio, as plantas foram colhidas para determinação da produtividade total, das frações morfológicas e do valor nutritivo, além da análise da silagem da planta inteira. A aplicação de fitormônios exógenos elevou a produção de forragem total em 10,94%, de espigas em 17,59% e de folhas em 25,52% em relação ao controle. Houve aumento significativo ($p<0,05$) de 21,5% na massa seca de folhas e de 15,3% na produção total com *A. brasiliense* ou fitormônios, comparado à ausência de bioestimulantes. O uso combinado elevou os teores de matéria mineral, proteína bruta e carboidratos não fibrosos, e reduziu fibras e lignina, sem prejudicar a qualidade fermentativa. Conclui-se que a aplicação isolada ou combinada dos bioestimulantes incrementa a produtividade e melhora as características bromatológicas da cultivar avaliada.

Palavras-chave: *Azospirillum brasiliense*. Biofertilizantes. Fitormônios Exógenos.

ABSTRACT

The growing demand for food drives the search for more efficient and sustainable agricultural practices. Among them, the use of plant biostimulants has consolidated as a viable alternative to increase crop productivity and favor cultivation under adverse conditions. This study aimed to evaluate the isolated and combined effects of plant biostimulants on the agronomic characteristics and fermentative quality of maize silage. The experiment was carried out from March to July 2023 in the experimental area of the Forage and Pasture Sector at the State University of Southwest Bahia (UESB), in a randomized block design. The FEROZ VIP3 maize hybrid was subjected to *Azospirillum brasiliense*, exogenous phytohormones, or their combination, in addition to a control treatment. At 79 days after planting, plants were harvested to determine total yield, morphological fractions, and nutritional value, as well as whole-plant silage quality. Exogenous phytohormones increased total forage yield by 10.94%, ear yield by 17.59%, and leaf yield by 25.52% compared to the control. Significant increases ($p<0.05$) were observed for leaf dry matter (21.5%) and total yield (15.3%) with *A. brasiliense* or phytohormones. Combined use raised mineral matter, crude protein, and non-fibrous carbohydrate contents, while reducing fiber and lignin, without impairing fermentative quality. It is concluded that the isolated or combined application of biostimulants increases productivity and improves the bromatological characteristics of the evaluated cultivar.

Keywords: *Azospirillum brasiliense*. Biofertilizers. Exogenous Phytohormones.

RESUMEN

La creciente demanda de alimentos impulsa la búsqueda de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. Entre ellas, el uso de bioestimulantes vegetales se ha consolidado como una alternativa viable para aumentar la productividad de los cultivos y favorecer su desarrollo en condiciones adversas. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos aislados y combinados de bioestimulantes vegetales sobre las características agronómicas y la calidad fermentativa del ensilaje de maíz. El experimento se llevó a cabo entre marzo y julio de 2023 en el área experimental del Sector

de Forrajes y Pasturas de la Universidad Estatal del Sudoeste de Bahía (UESB), en un diseño de bloques al azar. El híbrido de maíz FEROZ VIP3 fue sometido a la aplicación de *Azospirillum brasiliense*, fitohormonas exógenas o su combinación, además de un tratamiento control. A los 79 días después de la siembra, las plantas fueron cosechadas para determinar el rendimiento total, las fracciones morfológicas y el valor nutritivo, así como la calidad del ensilaje de planta entera. Las fitohormonas exógenas incrementaron el rendimiento total de forraje en 10,94%, de espigas en 17,59% y de hojas en 25,52% en comparación con el control. Se observaron aumentos significativos ($p<0,05$) en la materia seca de hojas (21,5%) y en el rendimiento total (15,3%) con *A. brasiliense* o fitohormonas. El uso combinado aumentó los contenidos de materia mineral, proteína bruta y carbohidratos no fibrosos, reduciendo las fibras y la lignina, sin afectar la calidad fermentativa. Se concluye que la aplicación aislada o combinada de bioestimulantes incrementa la productividad y mejora las características bromatológicas de la cultivar evaluada.

Palabras clave: *Azospirillum brasiliense*. Biofertilizantes. Fitohormonas Exógenas.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos tem levado à busca por práticas agrícolas eficientes e sustentáveis. Entre tais práticas, a utilização dos bioestimulantes vegetais tem se consolidado como alternativa viável para incrementar a produtividade das culturas e favorecer seu cultivo em situações adversas. Os bioestimulantes vegetais são produtos biológicos ou sintéticos, que quando aplicados ao solo ou às plantas, promovem o crescimento e a saúde das culturas, estando relacionado a diferentes mecanismos, como a fixação biológica de nitrogênio, liberação de nutrientes, resistência sistêmica e a produção e regulação de fitormônios (Du Jardim, 2015).

Essa abordagem tem demonstrado significância no cultivo de milho (*Zea mays L.*), amplamente produzido e consumido no mundo por homens e animais. Estudos recentes têm demonstrado que a aplicação de bioestimulantes, da classe de bactérias benéficas (Chen et al., 2021) e fitormônios exógenos (Thomé et al., 2023), podem proporcionar benefícios significativos as culturas, incluindo melhorias na eficiência de absorção de nutrientes, resistência a estresse abióticos, além de estimular o desenvolvimento radicular e incrementar a produtividade da cultura do milho.

De acordo investigação realizada por Hungria *et al.*, (2010) foi identificado incrementos na produtividade de grãos de milho, quando inoculado com cepas de *Azospirillum brasiliense*, na proporção de 26% em relação a cultura na ausência da bactéria. Em estudos sobre a aplicação exógena de fitormônios combinada com a inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal, Andrade et al., (2024) encontraram aumentos de 21% para a produção de biomassa do capim Basilisk, o que representa uma potencialização dos mecanismos fisiológicos, resultando em maior desenvolvimento para gramíneas.

Além dos benefícios produtivos, o uso de bioestimulantes no cultivo do milho pode melhorar o valor nutricional, favorecendo o fornecimento de silagem de maior qualidade, principalmente em períodos de escassez de alimento. Estudos demonstram a possibilidade de aumentar a concentração de micronutrientes essenciais, levando ao aumento na concentração de aminoácidos, carboidratos e proteínas (Ocwa et al., 2024), o que reflete diretamente na composição bromatológica do material ensilado, podendo elevar o teor de proteína bruta, a digestibilidade da matéria seca e os nutrientes exigidos pelos ruminantes.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo investigar os efeitos isolados e combinados de bioestimulantes vegetais nas características agronômicas e na qualidade fermentativa da silagem de milho.

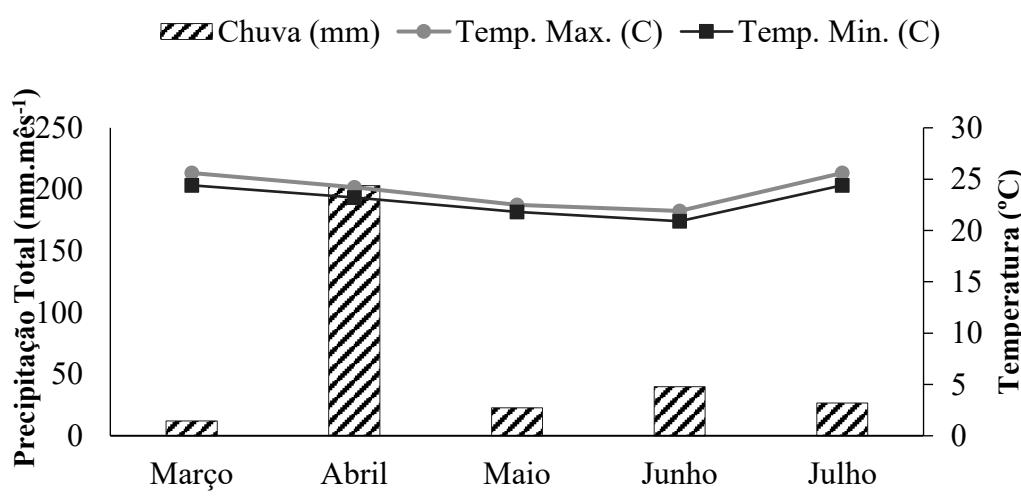
2 METODOLOGIA

2.1 DETALHES EXPERIMENTAIS

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, entre os meses de março a julho de 2023. 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. Os dados das temperaturas máxima, média e mínima do período experimental foram coletados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 1).

Figura 1. Médias mensais de precipitação (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) durante o período experimental



Fonte: INMET (2023)

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, composto por quatro tratamentos com cinco repetições, totalizando vinte unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na avaliação do milho híbrido feroz VIP3, submetidos a quatro tratamentos, sendo (i) Controle: ausência de bioestimulante; (ii): Inoculação de *Azospirillum brasiliense* na dosagem 300 ml ha⁻¹, com concentração de 2x10⁸ UFC/ml das estirpes AbV5 e AbV6; (iii) FIT: aplicação de fitormônio

exógenos na dosagem 500 ml.ha⁻¹ composto por Cinetina (0,09 g.L⁻¹), Ácido Giberélico (g.L⁻¹) e Ácido Indolbutírico (0,05 g.L⁻¹); (iv) AZO+FIT: aplicação combinada.

2.3 PREPARO DO SOLO, PLANTIO E PROTOCOLOS DE APLICAÇÃO

Foi utilizada de uma área de 476 m², a qual foi demarcada em 20 unidades experimentais com dimensões de 3,2 m × 5 m. Após a demarcação, realizou-se a coleta de amostras de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade para análise química e física. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus de Vitória da Conquista. Os resultados da análise encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental

pH (H ₂ O)	mg/dm ³ P	K ⁺	cmolc/dm ³ de solo.....	% m ⁵	g/dm ³ 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

SB: Soma de bases; T: Capacidade de Troca de Cátions efetiva; T³: Capacidade de Troca de Cátions EM pH 7; V: Saturação por bases; m: Saturação por Alumínio; MO: Matéria orgânica.

Fonte: Autores.

Após aração e gradagem, foi realizado a semeadura e fertilização. A semeadura foi realizada de forma manual no dia 22 de março de 2023, sendo feito o desbaste oito dias após o plantio para se obter a densidade de 62500 plantas.ha⁻¹ com espaçamento de 0,80 m entre plantas e 0,20 m entre linhas. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG (Álvarez Ribeiro, 1999), aplicada na área total. Sendo aplicados em momento da semeadura 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, parcelado em três aplicações, nos estágios V4, V6 e V8.

A aplicação dos bioestimulantes foi realizada no estágio fenológico V6 com 27 dias após semeadura. Para cada unidade experimental, o preparo da calda foi realizado com base em um volume equivalente a 200 L ha⁻¹, o que correspondeu a 320 mL por parcela. A calda foi preparada individualmente para cada tratamento, antes da aplicação, com aplicação realizada nas folhas das plantas, às 16 horas, com pulverizador manual.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Aos setenta e nove dias após o plantio (30% de matéria seca), foi realizado o corte de cinco plantas em cada unidade experimental, ao nível de 20 cm do solo, então o material coletado foi

separado e pesado em folha, colmo e espiga, para obter a produção de massa verde de cada componente estrutural e da produção total ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Posteriormente foram realizadas pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante para se obter os valores de massa seca ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Após pré secagem e pesagem, as plantas foram moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm e submetidas a análise bromatológica para determinação dos teores de matéria seca (MS; Método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; Método INCT-CA M-001/1), extrato etéreo (EE; Método INCT-CA G-004/1), proteína bruta (PB; 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) e lignina (Método INCT-CA F-005/1) de acordo com as técnicas descritas por Detmann et al. (2021). Para a determinação dos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CT), foram utilizadas as equações propostas por Sniffen et al. (1992).

Para avaliação da composição química e qualidade fermentativa da silagem, as plantas remanescentes das parcelas foram cortadas em partícula de 2 cm e ensilada em silos de PVC com 40 cm de altura por 10 cm de diâmetro, com tampas e válvula do tipo Bunsen e tela para separar a areia do material ensilado. Apresentando capacidade para armazenar 2,2 a 2,6 kg de forragem em cada mini silo, equivalente a uma densidade de compactação de $850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, sendo pesados e armazenados por um período de 36 dias. Após o período de armazenamento, foram determinados os valores das perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) conforme equações descritas por Jobim et al. (2007). Enquanto a avaliação do pH após a abertura da silagem conforme metodologia de Cherney & Cherney (2003). Uma subamostra de 200g foi retirada de cada mini silo para análises bromatológicas, sendo as mesmas realizadas da mesma forma que as descritas para as amostras de cinco plantas.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e, quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o PROC MIXED do programa estatístico SAS® OnDemand for Academics.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis produção de massa verde total do milho, produção de espiga e produção de folhas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os bioestimulantes testados (Tabela 2), em que a aplicação de fitormônios exógenos foi responsável pelas maiores médias encontradas. Evidenciando

sua eficácia na regulação do crescimento vegetal, o que se torna uma estratégia eficiente para aumentar o potencial produtivo do milho.

Tabela 2. Produção de massa verde dos componentes morfológicos do milho em resposta a aplicação de bioestimulantes vegetais.

Item (kg. ha ⁻¹)	Bioestimulantes				CV	P valor
	CON	AZO	FIT	AZO+FIT		
Espiga	1293,00 ^b	1370,61 ^{ab}	1520,63 ^a	1258,81 ^b	10,10	0,046
Colmo	1758,88 ^a	1025,02 ^a	1743,82 ^a	1693,84 ^a	14,73	0,971
Folha	8325,05 ^b	8875,00 ^b	1045,00 ^a	9437,25 ^{ab}	9,47	0,014
Total	3884,45 ^b	2360,62 ^{ab}	4309,42 ^a	3896,34 ^{ab}	11,02	0,036

COM: Controle; AZO: *Azospirillum brasiliense*; FIT: Fitormônios exógenos; CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Autores.

Thomé et al., 2023 encontram efeitos positivos do uso combinado de auxina, giberelina e citocinina na cultura do milho, esses autores constataram que a aplicação exógena aumentou em 345 kg.ha⁻¹ a produção de grão, além de ter afetado de forma positiva características de crescimento. No presente estudo, a aplicação de fitormônios exógenos proporcionaram aumentos de 10,94% na forragem total, 17,59% para espiga e 25,52% para folha, em relação ao tratamento sem os bioestimulantes.

Para a produção de massa seca total foi identificada diferença significativa apenas para folha e produção total (Tabela 2). A aplicação de fitormônio exógeno proporcionou incrementos significativos (p<0,05), correspondente a um percentual de 21,5% para massa seca de folha, enquanto a inoculação com *Azospirillum brasiliense* ou fitormônios exógenos proporcionou incremento de 15,3% para produção total, com base no tratamento com a ausência de bioestimulante.

Tabela 3. Produção de massa seca dos componentes morfológicos e forragem total do milho híbrido FEROZ VIP3 em resposta a aplicação de bioestimulantes vegetais

Item (kg.ha ⁻¹)	Bioestimulantes				CV	P valor
	CON	AZO	FIT	AZO+FIT		
Espiga	6243,04 ^a	7093,24 ^a	7237,42 ^a	6034,75 ^a	19,61	0,541
Colmo	3554,42 ^a	3583,15 ^a	3931,76 ^a	3387,25 ^a	11,11	0,136
Folha	2093,07 ^b	2336,21 ^{ab}	2543,49 ^a	2362,47 ^{ab}	9,32	0,045
Total	11890,42 ^b	13039,25 ^a	13711,47 ^a	11783,89 ^{ab}	9,93	0,037

COM: Controle; AZO: *Azospirillum brasiliense*; FIT: Fitormônios exógenos; CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Autores.

Os resultados da resposta à aplicação isolada de bioestimulantes vegetais, da classe das substâncias orgânicas ou microrganismos benéficos, favorecem o desenvolvimento morfológico do milho, promovendo maior acúmulo de biomassa seca com maior proporção de folhas. Os incrementos produtivos que foram encontrados neste estudo podem estar relacionados com a fixação biológica de

nitrogênio pela inoculação das cepas de *Azospirillum brasiliense*, a qual tem a capacidade de suprir parcialmente a necessidade de nitrogênio às plantas (Fukami *et al.*, 2018) e pela sinalização hormonal via fornecimento exógeno, capazes de atuar na divisão e alongamento de tecidos (Calvo *et al.*, 2014).

Para a composição bromatológica da planta, o teor de matéria seca, carboidratos totais e matéria orgânica não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos. O teor de matéria mineral, proteína bruta e carboidratos não fibrosos deteve maior média para o uso combinado dos bioestimulantes, assim como reduzidos teores de fibras e lignina (Tabela 4).

Tabela 4. Composição químico-bromatológica do milho, planta, em resposta a aplicação de bioestimulantes vegetais

Item	Bioestimulantes				CV	P valor
	CON	AZO	FIT	AZO+FIT		
MS (%)	28,59	30,31	28,36	27,72	7,47	0,311
MM (% MS)	6,04 ^b	6,26 ^b	6,30 ^b	6,97 ^a	4,93	0,003
MO (% MS)	93,95	93,73	93,94	93,47	0,62	0,543
EE (% MS)	2,76 ^b	2,39 ^b	3,46 ^a	2,43 ^b	14,00	0,003
FDN (% MS)	55,45 ^a	52,43 ^{bc}	54,27 ^b	51,66 ^c	2,86	0,008
FDA (% MS)	30,32 ^a	28,61 ^b	29,48 ^{ab}	25,03 ^c	3,12	<0,001
LIG (% MS)	4,25 ^a	3,22 ^c	3,80 ^b	3,95 ^{ab}	5,74	<0,001
PB (% MS)	9,57 ^b	9,60 ^b	9,59 ^b	10,33 ^a	3,10	0,004
CT (% MS)	81,71	81,43	81,02	80,94	1,71	0,796
CNF (% MS)	25,61 ^c	29,80 ^b	26,85 ^c	32,35 ^a	4,53	<0,001

CON: Controle; AZO: *Azospirillum brasiliense*; FIT: Fitormônios exógenos; CV: Coeficiente de variação; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: lignina; PB: proteína bruta; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos. Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

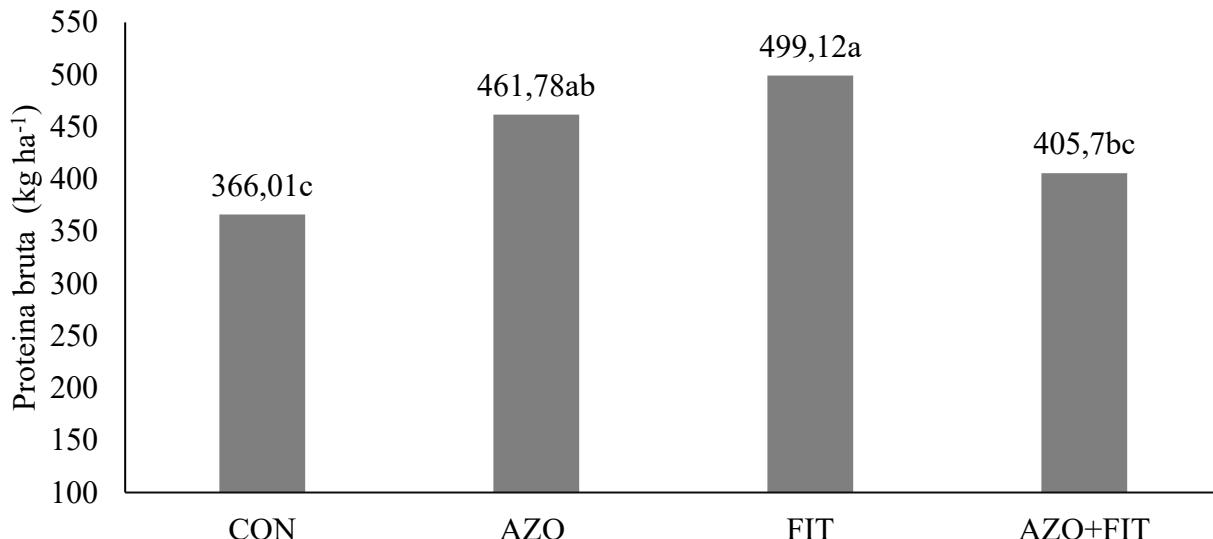
Fonte: Autores.

Os bioestimulantes utilizados em nosso estudo são capazes de desencadear respostas fisiológicas no desenvolvimento vegetal, proporcionando melhor assimilação de nutriente o que favorece o crescimento da planta além de incrementar seu aporte nutricional. Com destaque para a aplicação combinada dos bioestimulantes, ao promover aumento significativo no teor de minerais nas plantas, sendo corroborado por Bashan e de-Bashan (2010) e Thomé *et al.* (2023), que destacam o potencial da bactéria *Azospirillum brasiliense* e dos hormônios citocinina, auxina e giberelina em favorecer a absorção de nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal.

Ademais, a aplicação dos bioestimulantes vegetais resultou em menores valores de FDN e FDA, sendo indicativo de melhor qualidade de fibra, que por conseguinte ocasionou aumento expressivo dos carboidratos não fibrosos, possivelmente devido a elevação de açúcares solúveis, os quais contribui para a maior disponibilidade de energia e incremento do valor nutritivo da forragem (Hungria *et al.*, 2010).

Houve diferença significativa ($p<0,05$) para a produção de proteína bruta da fração folha, em que o bioestimulantes aplicados isoladamente apresentaram maiores médias, em comparação a plantas do grupo controle ou as que receberam a combinação dos bioestimulantes (Figura 2).

Figura 2. Produção de proteína bruta (kg.ha^{-1}) da folha do milho em resposta a aplicação de bioestimulantes vegetais.



Fonte: Autores.

Leite et al. (2019) corroboram os resultados de incremento de aporte nitrogenado em folhas de capim mombaça inoculado com *Azospirillum* spp., os autores identificaram que a espécie avaliada obteve um aumento de 12% no percentual de nitrogênio foliar com a inoculação, enquanto em nosso estudo esse valor foi de 25%. Ainda sobre aporte nitrogenado em função do uso de bioestimulantes, o fitormônio da classe das citocininas otimiza a captação de nutrientes, a exemplo do nitrogênio, que eleva o estado nutricional da planta, favorecendo seu crescimento (Taiz et al. 2017).

O processo de ensilagem promoveu alterações significativas na composição químico-bromatológica do milho (Tabela 5).

Tabela 5. Composição químico-bromatológica da silagem do milho em resposta a aplicação de bioestimulantes vegetais.

Item	Bioestimulantes				CV	P valor
	CON	AZO	FIT	AZO+FIT		
MS (%)	27,83	27,37	27,83	27,89	5,42	0,940
MM (% MS)	5,22 ^b	5,71 ^a	5,64 ^a	5,39 ^a	4,98	<0,001
EE (% MS)	1,61	1,67	1,19	1,21	22,65	0,064
FDN (% MS)	51,11	50,75	48,91	51,15	3,52	0,220
FDA (% MS)	27,89	28,07	26,63	27,61	4,55	0,318
LIG (% MS)	5,10 ^a	5,47 ^a	4,00 ^b	3,87 ^b	10,12	0,003
PB (% MS)	7,99 ^c	9,96 ^b	10,01 ^b	10,89 ^a	9,06	0,412

CON: Controle; AZO: *Azospirillum brasiliense*; FIT: Fitormônios exógenos; CV: Coeficiente de variação; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: lignina; PB: proteína bruta; Médias seguidas por letras diferentes na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Autores.

Após o processo de ensilagem, observou-se redução das frações fibrosas, FDN e FDA, bem como um aumento nos teores de MM, possivelmente em função da concentração de minerais decorrente da degradação parcial da forragem na fase de fermentação ativa (Weinberg & Muck, 1996). O teor PB também apresentou incremento após o período de abertura, provavelmente devido à redução proporcional de carboidratos solúveis, concentrando a fração nitrogenada. Sendo um indicativo de adequado processo fermentativo da silagem, visto a preservação e, em alguns casos, o aumento discreto da qualidade nutritiva da forragem, especialmente pela redução das frações fibrosas.

A análise química-bromatológica da silagem evidencia que a utilização dos bioestimulantes vegetais contribuem para a melhoria da qualidade da forragem, refletida em menores teores de fibras e maior concentração de proteína bruta. Após o período de armazenamento, observou-se que os tratamentos com bioestimulantes mantiveram tais características, apresentando ainda moderado incremento na concentração de proteína bruta. Esse efeito pode estar relacionado à presença de carboidratos solúveis, que atuam como substrato para o desenvolvimento microrganismos benéficos ao processo fermentativo, os quais são capazes de promover rápida estabilização do pH, redução de perdas fermentativas e degradação parcial de constituintes fibrosos, o que contribui para qualidade da silagem (Jobim et al., 2007).

Os parâmetros perdas por gases, efluentes, RMS e pH da silagem do milho em resposta a aplicação foliar dos bioestimulantes não apresentaram diferença significativa para os tratamentos estudados (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de pH e perdas da silagem do milho em resposta a aplicação de bioestimulantes vegetais.

Item	Bioestimulantes				CV	P valor
	CON	AZO	FIT	AZO+FIT		
pH	3,93	3,88	3,87	3,86	1,35	0,235
Perdas por gases	0,02	0,03	0,02	0,02	16,37	0,140
Perdas por efluentes	0,14	0,12	0,09	0,15	31,79	0,189
Recuperação da matéria seca	117,92	12,95	130,09	119,03	7,75	0,192

CON: Controle; AZO: *Azospirillum brasiliense*; FIT: Fitormônios exógenos; CV: Coeficiente de variação; PG: Perdas por gases; PE: Perdas por efluentes; RMS: Recuperação de matéria seca.

Fonte: Autores.

Apesar da ausência de diferença significativa, os índices de qualidade da fermentação indicam que não houve perda do valor nutritivo da silagem. Para os valore de pH a média encontrada em nosso experimento foi de 3,8, estando de acordo com o preconizado por McDonald *et al.* (1991), como um indicativo de adequada fermentação sem perdas significativas durante o processo.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de bioestimulantes vegetais, com *A. brasiliense* e fitormônios exógenos, de forma isolada ou combinada, incrementam a produtividade e proporcionam melhorias nas características bromatológicas do milho híbrido FEROZ VIP, sem ocasionar reduções nos parâmetros de qualidade fermentativa da silagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido para realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa – MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359 p, 1999.
- ANDRADE, E. B.; TEIXEIRA, F. A.; FRIES, D. D.; CRUZ, N. T.; JARDIM, R. R.; SILVA, H. S.; SANTOS, B. E. F.; VIEIRA, T. M.; SEIXAS, A. A.; DOS SANTOS J. P. Exogenous phytohormones and growth-promoting microorganisms in Basilisk grass cultivation. *Agronomy Research*, v. 22, 2024.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E.; PRABHU, S. R.; HERNANDEZ, J. P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, v. 378, n. 1-2, p. 1-33, 2014.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPE, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, v. 383, n. 1-2, p. 3-41, 2014.
- CHEN, L.; HAO, Z.; LI, K.; SHA, Y.; WANG, E.; SUI, X.; CHEN, W. Effects of growth-promoting rhizobacteria on maize growth and rhizosphere microbial community under conservation tillage in Northeast China. *Microbial Biotechnology*, v. 14, n. 2, p. 535-550, 2021.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing silage quality. *Silage Science and Technology*, v. 42, p. 141-198, 2003.
- 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. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco – MG: Suprema, 2021.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, v.196, p.3-14, 2015.
- FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M. Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2018.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*, v. 46, n. 5, p. 555-570, 2010.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET Tempo. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/>. Acesso em: 14 out. 2023.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 101-119, 2007.
- LEITE, R. C.; SANTOS, A. C.; SANTOS, J. G. D.; LEITE, R. C.; OLIVEIRA, L. B. T.; HUNGRIA, M. Mitigation of Mombasa grass (*Megathyrsus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function of inoculation with *Azospirillum brasiliense*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, e0180234, 2019.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

OCWA, A.; MOHAMMED, S.; MOUSAVI, S. M. N.; ILLÉS, Á.; BOJTOR, C.; RAGÁN, P.; HARSÁNYI, E. Maize grain yield and quality improvement through biostimulant application: a systematic review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 24, p. 1609-1649, 2024.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p, 2017.

THOMÉ, S. E.; LIMA, S. F.; OLIVEIRA, I. C. D.; CONTARDI, L. M.; VENDRUSCOLO, E. P.; ANDRADE, M. G. D. O.; OLIVEIRA, J. J. D. Bioestimulantes aumentam o crescimento e a produtividade do milho de segunda safra. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, p. 550-558, 2023.

WEINBERG, Z. G.; ASHBELL, G. Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, v. 13, n. 2-3, p. 181-188, 2003.