



JOSÉ ALEXANDRE SAMPAIO COELHO

**ADUBAÇÃO DE COBERTURA NO MILHO: USO DE
DIFERENTES PROTOCOLOS DA EMPRESA BIOCHAR
TECHNOLOGY PARA SUBSTITUIÇÃO DA UREIA EM PÓS
PLANTIO**

LAVRAS – MG

2023

JOSÉ ALEXANDRE SAMPAIO COELHO

**ADUBAÇÃO DE COBERTURA NO MILHO: USO DE DIFERENTES PROTOCOLOS
DA EMPRESA BIOCHAR TECHNOLOGY PARA SUBSTITUIÇÃO DA UREIA EM
PÓS PLANTIO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. DSc. Bruno Henrique Sardinha De Souza
Orientador

Prof. DSc. Tarcísio De Moraes Gonçalves
Coorientador

LAVRAS – MG

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Coelho, José Alexandre Sampaio.

Adubação de cobertura no milho: Uso de diferentes protocolos da empresa Biochar Technology para substituição da ureia em pós plantio. / José Alexandre Sampaio Coelho. - 2023.

36 p. : il.

Orientador(a): Bruno Henrique Sardinha De Souza.

Coorientador(a): Tarcísio De Moraes Gonçalves.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Adubação de cobertura. 2. Nanotecnologia. 3. Biochar Technology. I. Sardinha De Souza, Bruno Henrique. II. De Moraes Gonçalves, Tarcísio. III. Título.

JOSÉ ALEXANDRE SAMPAIO COELHO

**ADUBAÇÃO DE COBERTURA NO MILHO: USO DE DIFERENTES PROTOCOLOS
DA EMPRESA BIOCHAR TECHNOLOGY PARA SUBSTITUIÇÃO DA UREIA EM
PÓS PLANTIO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 25 de Julho de 2023.

Prof. DSc. Bruno Henrique Sardinha De Souza UFLA
Prof. DSc. Tarcísio De Moraes Gonçalves UFLA
MSc. Larah Martins Freitas UFLA
MSc. José Justo Escobar Padilla UFLA

Prof. DSc. Bruno Henrique Sardinha De Souza
Orientador

Prof. DSc. Tarcísio De Moraes Gonçalves
Co-Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Do Rosário e Geraldo Magela, que sempre me apoiaram na concretização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Sou extremamente grato a Deus e aos meus pais por terem me permitido desfrutar do privilégio de ingressar em uma universidade pública como a UFLA, e por me sustentar ao longo desses anos.

Agradeço meu orientador Bruno por todo ensinamento, apoio e paciência durante a elaboração deste trabalho. Ao professor Tarcísio, por ter me dado a oportunidade de aprender com esse projeto e me orientar ao longo de todo trabalho. Todo esse aprendizado possibilitou que estivesse apto para desenvolver este trabalho.

Agradeço à minha mãe Maria, que sempre esteve presente, me colocando em primeiro lugar em suas orações a cada prova e trabalho que eu era submetido. Também ao meu pai Geraldo por acreditar em mim e não deixar que faltassem recursos, me apoiando desde o ingresso a faculdade. Os incentivos foram importantes para que esse sonho se concretizasse.

Agradeço aos meus irmãos pela parceria durante todos esses anos, e por fim, agradeço os amigos da república Gospe Grosso que sempre estiveram comigo durante a graduação e por todas as etapas que alcançamos juntos. Eles foram essenciais para que a caminhada fosse mais leve e prazerosa.

Sem o apoio de todos não chegaria ao fim desta etapa tão almejada!

*As coisas sempre parecem impossíveis até que sejam feitas.
(Nelson Mandela)*

RESUMO

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do milho, sendo o que mais frequentemente limita a produtividade de silagem e grãos. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de bases fluidas nanotecnológicas da empresa Biochar technology em diferentes doses em substituição da adubação nitrogenada utilizando ureia em cobertura tradicional na cultura do milho via solo, visando a produção de silagem, espigas e grãos. O trabalho foi realizado em uma área experimental de campo da Universidade Federal de Lavras. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições com 6 tratamento cada. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 m de comprimento e espaçamento de 0,6 m entre linhas. Os tratamentos foram representados por adubação tradicional e três protocolos nanotecnológicos constituídos por bases organominerais. Os protocolos nanotecnológicos foram aplicados via foliar nos estádios V4 e V6. Para avaliação das fertilizações na produtividade, foram realizadas colheitas de amostras de material para silagem e produção de grãos após maturação fisiológica das plantas. Os dados obtidos foram analisados por ANOVA e as médias dos tratamentos comparados por teste de médias. Não foi observado nenhuma diferença nas médias ajustadas das características analisadas (peso da planta, peso da espiga com palha, peso total (peso da planta mais peso da espiga com palha) e produção de silagem considerando 66.600 plantas/ha) em função das diferentes dosagens com diferentes protocolos de produtos e também da Base 2, comparados ao tratamento tradicional.

Palavras-chave: Inovação tecnológica; sistemas de manejo de solo; doses de nitrogênio; Adubação de cobertura, Nanotecnologia.

ABSTRACT

Nitrogen is the nutrient required in the largest amount by the corn crop, and it is often the main limiting factor for both silage and grain productivity. The objective of this study was to evaluate the use of nanotechnological fluid bases from Biochar Technology in different doses to replace nitrogen fertilization using urea as a traditional topdressing in corn crops, aiming to improve the production of silage, ears, and grains. The experiment was conducted in a field experiment area at the Federal University of Lavras. The experimental design used was a randomized block with four repetitions, consisting of 6 treatments each. The plots were constructed with four rows of 5 m in length and 0.6 m spacing between rows. The treatments consisted of traditional fertilization and three nanotechnological protocols consisting of organomineral bases. The nanotechnological protocols were applied via foliar application at the V4 and V6 stages. To evaluate the fertilization on productivity, samples of material for silage and grain production were harvested after physiological maturity of the plants. The data obtained were analyzed by ANOVA, and the treatment means were compared by means test. No difference was observed in the adjusted means of the analyzed characteristics (plant weight, ear weight with husk, total weight (plant weight plus ear weight with husk), and silage production considering 66,600 plants/ha) in function of the different dosages with different product protocols and also of Base 2, compared to the traditional treatment.

Keywords: Technological innovation; soil management systems; nitrogen doses; topdressing fertilization; nanotechnology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Níveis de garantia do produto Biomax nitro plus 26.	21
Figura 2 – Níveis de garantia do produto Condox solo.....	22
Figura 3 – Níveis de garantia do produto Biomax power raiz.	23
Figura 4 – Níveis de garantia da Base 2.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estádios fenológicos do desenvolvimento das plantas de milho.....	14
Tabela 2 – Recomendações de adubação nitrogenada para produção de milho silagem (AGRONÔMICAS, 2009).....	17
Tabela 3 – Média de peso das plantas com uso da base 2	28
Tabela 4 – Média de peso das espigas com uso da base 2.....	28
Tabela 5 – Média de peso das plantas mais espigas com o uso da base 2	29
Tabela 6 – Média de produção de silagem com o uso da base 2	29
Tabela 7 – Média de peso das plantas para diferentes protocolos de fertilização	30
Tabela 8 – Média de peso das espigas para diferentes protocolos de fertilização	30
Tabela 9 – Média de peso das plantas mais espigas para diferentes protocolos de fertilização	30
Tabela 10 – Média de produção de silagem com o uso de diferentes protocolos de ferti- lização.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	Objetivos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	A cultura do milho (<i>Zea mays L.</i>)	13
3.2	Cultivo de milho silagem	14
3.3	Fertilidade do solo e nutrição de plantas	15
3.4	Adubação nitrogenada em milho	16
3.5	Adubação nitrogenada de cobertura no cultivo de milho silagem: principais desafios e limitações	17
3.6	Carbono orgânico	19
3.7	Biochar	19
3.8	Potencial de uso de nanofertilizantes em adubação	20
4	BIOCHAR TECHNOLOGY	21
4.1	Biomax nitro plus 26	21
4.2	Condox solo	21
4.3	Biomax power raiz	22
4.4	Base 2	24
5	MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1	Condições experimentais	26
5.2	Tratamentos	26
5.3	Avaliação da fertilização na produtividade de silagem	27
5.4	Análise estatística dos dados	27
6	RESULTADOS	28
6.1	Uso da base 2	28
6.2	Uso de diferentes protocolos Biochar Technology na produção de milho na UFLA	29
7	DISCUSSÃO	32
8	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho, *Zea mays L.*, é uma das atividades agrícolas mais importantes em todo o mundo, sendo um dos principais alimentos da dieta humana e também um importante ingrediente para a produção de ração animal, biocombustíveis e produtos industrializados (BARROS; CALADO, 2014). Ao longo dos anos, diversos países têm se destacado como grandes produtores de milho, contribuindo para a oferta global desse cereal.

Atualmente, os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil (FAO - Food and Agriculture Organization, 2022). Os Estados Unidos lideram a produção mundial com mais de 352 milhões de toneladas, seguidos pela China com cerca de 277 milhões de toneladas e o Brasil em terceiro lugar, com uma produção de aproximadamente 123,7 milhões de toneladas.

Apesar de ser o terceiro maior produtor mundial de milho, o Brasil tem se destacado pela boa produtividade, alcançando uma média de 5,8 toneladas por hectare em 2022 (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022). Esse desempenho se deve, em grande parte, aos investimentos em tecnologia, como o uso de sementes geneticamente modificadas, a adoção de técnicas de manejo adequadas e o uso de maquinários modernos e adubação. Quanto à produção de milho silagem, a média de produtividade no Brasil pode variar bastante dependendo das condições climáticas, técnicas de manejo, híbridos e outras variáveis que podem influenciar na produtividade (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

A adubação é uma das práticas agrícolas mais importantes para a produção de milho, sendo que o nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, também é um componente essencial da clorofila, que é responsável pela fotossíntese, e também é um componente importante das proteínas e ácidos nucleicos (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004). De acordo com estudos realizados por Uhart e Andrade (1995), a presença do nutriente nitrogênio (N) é fundamental para o desenvolvimento adequado das plantas de milho. O N tem um papel crucial no aumento da área foliar e da produção de massa de matéria seca, contribuindo diretamente para o aumento da produtividade. A adubação nitrogenada é uma prática comum e necessária na produção de milho para aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos.

A ureia é um dos principais fertilizantes utilizados na agricultura, sendo muito apreciada pelos agricultores devido à sua alta concentração de nitrogênio e fácil manuseio. Além disso, a ureia apresenta um menor custo por kg de nitrogênio quando comparada com outras

fontes de fertilizantes nitrogenados tradicionais (PRIMAVESI et al., 2004). No entanto, uma desvantagem da ureia é que ela apresenta elevadas perdas de nitrogênio por volatilização. A volatilização de amônia é a principal reação que diminui a eficiência de utilização pelas plantas do N proveniente da ureia (TASCA et al., 2011). Quando ela é aplicada sobre a superfície do solo, parte do N é perdido para a atmosfera. Isso pode ser um problema em regiões quentes e úmidas, onde a volatilização pode ser ainda maior, por isso uma prática muito utilizada é o parcelamento das doses de nitrogênio para que se evite maiores perdas.

O milho é uma cultura que requer uma quantidade significativa de nitrogênio para seu crescimento e desenvolvimento saudável. A quantidade de nitrogênio extraída pelo milho por tonelada de grãos pode variar dependendo das condições de cultivo, da variedade do milho, do manejo de fertilizantes nitrogenados e de outros fatores. Em média, estudos sugerem que o milho pode extrair cerca de 21 kg de nitrogênio por tonelada de grãos produzido (COELHO, 2006).

Diante disso, com o objetivo de aumentar a eficiência e reduzir os impactos ambientais na agricultura, tem-se buscado otimizar o uso dos compostos químicos mais utilizados. Uma das estratégias adotadas tem sido a redução da aplicação de fitofármacos e o aumento da absorção dos fertilizantes pelas plantas (PEREIRA et al., 2017). Nesse contexto, os produtos nanotecnológicos à base de nitrogênio têm ganho destaque como alternativa à ureia em cobertura. Esses produtos consistem em nanopartículas de nitrogênio encapsuladas em materiais orgânicos, que liberam o nutriente de forma gradual e controlada no solo. Com isso, é possível reduzir a perda de nitrogênio por volatilização e lixiviação, além de aumentar a eficiência de utilização do nutriente pela planta.

De acordo com estudos recentes, como o de LIMA (2020) a aplicação de produtos nanotecnológicos com nitrogênio em cobertura pode proporcionar um aumento significativo na produtividade do milho, quando comparado ao uso da ureia convencional. Além disso, esses produtos apresentam vantagens como maior eficiência no uso do nitrogênio, menor impacto ambiental e maior rentabilidade para o produtor

Este trabalho teve como objetivo comparar o desempenho dos produtos Biochar Technology com ureia na adubação nitrogenada do milho destinado à produção de silagem. Os resultados obtidos podem contribuir para o desenvolvimento de alternativas eficientes para a adubação da cultura do milho, reduzindo os custos de produção.

2 OBJETIVOS

Avaliar a aplicação de diferentes protocolos nanotecnológicos de adubação da empresa Biochar Technology em comparação com a adubação tradicional utilizando uréia na produtividade da cultura do milho silagem em condições de campo, em Lavras, MG.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura do milho (*Zea mays L.*)

O milho é uma planta originária da América Central, tendo sido domesticada pelos povos pré-colombianos há cerca de 7 mil anos. Atualmente, existem diversas variedades de milho, que se diferenciam em relação à cor, tamanho e sabor dos grãos (FELIPPE, 2007).

O milho possui uma grande adaptabilidade, graças à sua variedade de genótipos, o que permite seu cultivo em diferentes locais, desde o Equador até as regiões temperadas, em altitudes variando desde o nível do mar até mais de 3600 metros. Dessa forma, a planta pode ser cultivada em climas tropicais, subtropicais e temperados. Além disso, o milho é valorizado por sua alta qualidade nutricional, que o torna adequado para consumo humano e animal. O milho é especialmente importante devido à presença de quase todos os aminoácidos conhecidos (BARROS; CALADO, 2014).

Plantas de milho possuem um sistema radicular típico das gramíneas, do tipo fasciculado ou em "cabeleira", que pode atingir profundidades de 1,5 a 3,0 metros de comprimento. As raízes são encontradas nas camadas mais superficiais do solo, cerca de 0,30 metros de profundidade, o que explica a baixa tolerância à deficiência hídrica da planta. O milho também apresenta raízes adventícias tipo escoras, que auxiliam na fixação do caule e ajudam na absorção de sais minerais em solução (FILHO, 2007).

Apresentam caule do tipo colmo, formado por nós e entrenós. As folhas são distribuídas de forma alternada na parte superior do caule, e estão dispostas em ângulo reto em relação ao mesmo, através de uma nervura principal resistente. As folhas possuem um limbo foliar geralmente largo, comprido e liso (MORAIS et al., 2012).

O período vegetativo do milho é influenciado por fatores climáticos, e o florescimento geralmente ocorre entre 5 e 12 semanas após a semeadura, podendo estender-se por até 10 meses. Em locais com clima temperado e dias mais longos, o florescimento pode ocorrer mais tardiamente (BARBANO et al., 2001).

Após a polinização do milho, a fertilização do óvulo ocorre dentro do ovário num intervalo de 12 a 36 horas. O desenvolvimento do grão é concluído cerca de 60 dias após a fertilização, resultando num aumento de volume do ovário para o grão em torno de 1400 vezes. O grão de milho é derivado de uma semente típica das gramíneas e contém o endosperma e o embrião em seu interior (SILVA et al., 2021b).

Os estádios fenológicos do milho são uma sequência de eventos de desenvolvimento que ocorrem durante o ciclo de crescimento da planta. Os principais estádios incluem a emergência da planta, o crescimento das folhas, a exposição do tassel (inflorescência masculina), o início da formação dos grãos na espiga e a maturidade fisiológica, quando os grãos estão completamente formados e prontos para a colheita (SILVA et al., 2005). A identificação e o monitoramento desses estádios são fundamentais para o manejo adequado da cultura e para o planejamento das práticas agrônômicas ao longo do cultivo do milho

Tabela 1 – Estádios fenológicos do desenvolvimento das plantas de milho.

Estádio	Descrição
V1	Emergência das plantas
V2	Desenvolvimento de 2 folhas completamente expandidas
V3	Desenvolvimento de 3 folhas completamente expandidas
V4	Desenvolvimento de 4 folhas completamente expandidas
V5	Desenvolvimento de 5 folhas completamente expandidas
V6	Desenvolvimento de 6 folhas completamente expandidas
V7	Desenvolvimento de 7 folhas completamente expandidas
V8	Desenvolvimento de 8 folhas completamente expandidas
V9	Desenvolvimento de 9 folhas completamente expandidas
Vn	Desenvolvimento de n folhas completamente expandidas
Vt	Pendoamento
R1	Espigamento (polinização)
R2	Grão em bolha
R3	Grão leitoso
R4	Grão pastoso
R5	Grão dentado
R6	Maturação fisiológica

Fonte: (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

3.2 Cultivo de milho silagem

A silagem é um alimento conservado obtido a partir da fermentação anaeróbia de plantas inteiras ou partes delas, como o milho (REIS; MOREIRA, 2017). O milho silagem é obtido a partir da colheita da planta inteira no seu ponto de maturação fisiológico, que é picada e armazenada em um ambiente anaeróbio, onde ocorre a fermentação láctica, com a produção de ácido láctico e outros ácidos orgânicos. É picado e armazenado em silos para ser utilizado na alimentação animal durante o período de escassez de forragem. (SILVA et al., 2021a)

A alimentação de bovinos é essencial para a produção de leite, e a silagem de milho desempenha um papel importante nesse processo. Isso ocorre porque a planta de milho é uma

excelente fonte de alimento para o gado, oferecendo um grande volume de alimento palatável, altamente digestível e rico em energia. Como resultado, a silagem de milho possui um excelente potencial para aumentar a produção de leite (SCHELER; CAVICHIOLI, 2021).

Além disso, a silagem de milho é uma forma de conservar a produção agrícola, evitando perdas durante o armazenamento e possibilitando a utilização ao longo do ano. O cultivo de milho silagem também pode ser uma alternativa para aproveitar áreas não utilizadas para o cultivo de outros tipos de alimentos. (VOLTOLINI et al., 2010)

Portanto, o cultivo de milho silagem apresenta uma importância significativa na produção agropecuária, permitindo a produção de um alimento de qualidade para alimentação animal e a utilização eficiente da produção agrícola.

3.3 Fertilidade do solo e nutrição de plantas

A fertilidade e a nutrição das plantas são fundamentais para garantir altas produtividades agrícolas e bom desenvolvimento das culturas. A fertilidade do solo é influenciada por vários fatores, incluindo teor de matéria orgânica, pH, teor de nutrientes disponíveis e a capacidade de retenção de água. A nutrição das plantas é composta pela absorção de nutrientes e sua utilização para a produção de biomassa (FERREIRA; FILHO; FERREIRA, 2010).

Um dos nutrientes mais importantes para as plantas é o nitrogênio, que é responsável pelo crescimento vegetativo e produção de clorofila. Segundo Coelho et al. (2008), a cultura do milho demanda grande quantidade de nitrogênio e frequentemente necessita de adubação nitrogenada em cobertura para atingir altas produtividades. No entanto, a dose ideal de nitrogênio a ser aplicada varia de acordo com a condição do solo e a produtividade esperada. Em condições de agricultura irrigada com alta tecnologia.

Além do nitrogênio, outros nutrientes são importantes para o desenvolvimento das plantas, como o fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Segundo Marschner (2011), a extração desses nutrientes aumenta linearmente com o aumento da produtividade, sendo que a cultura do milho exige principalmente nitrogênio e potássio, seguidos de cálcio, magnésio e fósforo.

Os micronutrientes também são essenciais para o desenvolvimento das plantas, embora sejam requeridos em quantidades menores. A deficiência de qualquer um desses micronutrientes pode ter efeitos tão graves quanto a deficiência de um macronutriente, como o nitrogênio, levando à desorganização de processos metabólicos e à redução da produtividade. De acordo com Malavolta (2008), para uma produtividade de 9 t de grãos/ha, as plantas de milho extraem

cerca de 2.100 g de ferro, 340 g de manganês, 400 g de zinco, 170 g de boro, 110 g de cobre e 9 g de molibdênio.

É importante lembrar que a fertilidade do solo não é um processo estático, mas sim um processo dinâmico que requer constante monitoramento e manejo adequado. A compreensão das necessidades nutricionais das plantas, bem como a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, é essencial para garantir a produtividade a longo prazo e a conservação do meio ambiente.

3.4 Adubação nitrogenada em milho

Coelho et al. (2008), a cultura do milho demanda grande quantidade de nitrogênio e frequentemente necessita de adubação nitrogenada em cobertura para atingir altas produtividades. Diversos experimentos conduzidos em diferentes condições de solo, clima e sistemas de cultivo no Brasil têm mostrado resposta positiva da cultura à adubação nitrogenada. Em média, entre 70 e 90 % dos ensaios de adubação com milho realizados em campo no país apresentaram resposta à aplicação de nitrogênio (COELHO et al., 2008).

Os autores afirmam que a decisão mais importante no manejo de fertilizantes do ponto de vista econômico e ambiental é a dose de nitrogênio a ser aplicada. Com a adoção crescente do sistema de plantio direto no Brasil e a necessidade de utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas para garantir a sustentabilidade do sistema, é importante considerar esses aspectos na otimização da adubação nitrogenada. As recomendações de adubação nitrogenada em cobertura são baseadas em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada. Para a cultura do milho de sequeiro, a recomendação geral de adubação nitrogenada em cobertura varia de 40 a 80 kg/ha. No entanto, em condições de agricultura irrigada com alta tecnologia para obter produtividades elevadas, essas doses podem ser insuficientes e doses de nitrogênio muito maiores, entre 100 e 180 kg/ha, podem ser necessárias.

É sugerido que a adubação nitrogenada seja realizada em cobertura, seja no solo ou via irrigação, quando as plantas apresentarem seis a oito folhas bem desenvolvidas. Se o plantio for em sucessão ou em rotação com soja, é recomendado que seja deduzido 20 kg/ha de N da recomendação de adubação em cobertura. No plantio direto, é indicado aumentar a adubação nitrogenada de plantio para 30 kg/ha de N. Em solos arenosos, a adubação nitrogenada deve ser dividida em duas aplicações, uma com seis e outra com dez folhas. Se a uréia for utilizada como fertilizante nitrogenado, ela deve ser incorporada a uma profundidade de cerca de 5 cm ou via irrigação (AGRÔNOMICAS, 2009).

Tabela 2 – Recomendações de adubação nitrogenada para produção de milho silagem (AGRONÔMICAS, 2009)

Produtividade matéria verde (t/ha)	Dose de N Plantio	Dose de N Cobertura
30 - 40	10 - 20	80
40 - 50	10 - 20	130
>50	10 - 20	180

3.5 Adubação nitrogenada de cobertura no cultivo de milho silagem: Principais desafios e limitações

A adubação nitrogenada de cobertura é uma prática comum no cultivo de milho silagem, visando aumentar a produção e a qualidade do alimento. O aumento das doses de nitrogênio está diretamente relacionado ao aumento da produtividade de grãos e de matéria seca da parte aérea da planta de milho (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004).

A adubação nitrogenada de cobertura consiste na aplicação de nitrogênio durante o ciclo de cultivo do milho, após a emergência das plantas.

Devido às suas necessidades nutricionais, especialmente em relação aos fertilizantes nitrogenados, o milho é uma das culturas que demandam maiores cuidados na adubação.

O nitrogênio é um componente importante de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e da clorofila, por isso, é essencial para o desenvolvimento saudável e produtivo da cultura do milho (CANTARELLA, 1993). As plantas com deficiência de nitrogênio podem apresentar sintomas como amarelecimento das folhas, redução do tamanho das espigas e menor formação de grãos (FAQUIN, 2002). Além disso, pode afetar a capacidade da planta em competir com espécies de plantas daninhas e em resistir a estresses como doenças e pragas. Por isso, é importante manter um equilíbrio na adubação nitrogenada de cobertura, evitando tanto a falta quanto o excesso de nitrogênio no cultivo do milho silagem.

O baixo aproveitamento do nitrogênio aplicado ao solo na forma mineral pode levar a perdas do nutriente por lixiviação de N-NO₃⁻ e/ou denitrificação, especialmente quando o N mineral é disponibilizado precocemente (ROSECRANCE et al., 2000). Segundo Tasca et al. (2011), fertilizantes nitrogenados em cobertura mais suscetíveis à volatilização em cobertura são aqueles contendo ureia, como é o caso da ureia granulada ou prill. Quando a ureia é aplicada na superfície do solo, ela pode reagir com a urease, uma enzima produzida pelos microrganismos do solo, resultando na liberação de amônia gasosa para atmosfera.

Assim, é importante que os produtores adotem uma estratégia equilibrada na adubação nitrogenada de cobertura, evitando tanto a falta quanto o excesso de nitrogênio no cultivo do milho silagem. É fundamental que a dose de nitrogênio aplicada seja ajustada de acordo com as características do solo, as condições climáticas e variedade/híbrido de milho.

Além disso, o uso de tecnologias que melhorem a eficiência da adubação, como a aplicação de nitrogênio em faixas, a utilização de fertilizantes de liberação controlada e o monitoramento constante dos níveis de nitrogênio no solo, podem ajudar a minimizar os desafios e limitações na adubação nitrogenada de cobertura no cultivo de milho silagem.

A ureia é um dos fertilizantes mais utilizados devido ao seu baixo custo, no entanto, também é o mais suscetível a perdas de nitrogênio. Quando aplicada como adubação de cobertura, a ureia pode promover um crescimento mais vigoroso e saudável das plantas, proporcionando aumento na produtividade e na qualidade das culturas (TASCA et al., 2011).

A ureia é um composto químico que contém cerca de 46% de nitrogênio, o que a torna uma fonte importante de nutrição para as plantas. Quando aplicada como adubação de cobertura, a ureia é geralmente espalhada na superfície do solo, o que a torna suscetível à volatilização de amônia (RODRIGUES; KIEHL, 1986). A volatilização de amônia pode ser prejudicial para o meio ambiente, além de reduzir a eficácia da adubação nitrogenada.

Para minimizar as perdas por volatilização de amônia, é recomendado que a ureia seja incorporada ao solo o mais rápido possível após a aplicação, ou que seja aplicada em condições climáticas favoráveis, como dias nublados ou com previsão de chuva (RODRIGUES; KIEHL, 1986). Além disso, existem produtos no mercado que contêm inibidores de urease, enzima responsável pela hidrólise da ureia em amônia, reduzindo as perdas por volatilização.

É importante ressaltar que a adubação de cobertura com ureia deve ser feita de acordo com as necessidades de cada cultura, levando em consideração a análise do solo e as características da planta. O excesso de nitrogênio pode causar danos às plantas e ao meio ambiente, além de aumentar os custos de produção.

Em resumo, a adubação nitrogenada de cobertura utilizando a ureia pode ser uma prática eficaz para aumentar a produtividade e a qualidade das culturas. No entanto, é importante adotar medidas para minimizar as perdas por volatilização de amônia e aplicar a quantidade adequada de acordo com as necessidades de cada planta.

3.6 Carbono orgânico

A matéria orgânica é um dos principais componentes do solo e desempenha um papel fundamental na produtividade do sistema agrícola. O carbono orgânico é um dos principais componentes da matéria orgânica do solo e é importante para manter sua fertilidade e produtividade (SILVA et al., 1998).

O carbono pode ser encontrado no solo de duas formas principais: como componente mineral, em estruturas de carbonatos como CaCO_3 e MgCO_3 , ou em estruturas orgânicas, como resíduos de animais e plantas em diferentes fases de transformação, ou ainda como carvão (carbono pirogênico) resultante de incêndios naturais ou aplicado ao solo como biochar ou biocarvão (FONTANA; CAMPOS, 2017).

Novos conceitos em sistemas de produção agrícola têm sido desenvolvidos com o objetivo de equilibrar a produtividade com a conservação do meio ambiente. Esses sistemas são baseados na conservação do solo, diversificação de culturas, reciclagem de nutrientes, uso sistemático de adubos orgânicos e outras práticas alternativas. (SALMI; SALMI; ABOUD, 2006).

3.7 Biochar

O uso do biochar na agricultura tem se mostrado uma prática promissora e sustentável, trazendo uma série de benefícios para o solo e para as plantas cultivadas. O biochar é um material carbonáceo produzido a partir da queima controlada de biomassa, como restos de colheita, resíduos agrícolas ou até mesmo resíduos orgânicos urbanos. Essa técnica de produção, conhecida como pirólise, resulta em um produto altamente poroso, rico em carbono e estável (MEYER; GLASER; QUICKER, 2011)

O biochar possui alta capacidade de retenção de nutrientes, reduzindo a lixiviação e aumentando a eficiência da adubação. Maia (2010) destaca que o biochar pode melhorar a disponibilidade de nutrientes para as plantas e promover um equilíbrio nutricional no solo.

Além disso, proporciona um ambiente favorável para o crescimento de microrganismos benéficos no solo, que desempenham um papel fundamental na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica. Destacam a influência do biochar na atividade microbiana e na disponibilidade de nutrientes para as plantas. (FARIAS, 2018).

3.8 Potencial de uso de nanofertilizantes em adubação.

Os nanofertilizantes são criados a partir de partículas extremamente pequenas, medindo menos de 100 nanômetros, que são capazes de penetrar nas folhas e raízes das plantas, liberando os nutrientes de maneira mais eficiente. Eles também podem ser projetados para liberar nutrientes de forma controlada, o que ajuda a evitar o excesso de fertilização (BUTT; NASEER, 2020).

Os fertilizantes são uma necessidade básica para o cultivo de plantas, mas o uso excessivo desses produtos pode levar à poluição do solo e da água. A nanotecnologia oferece uma alternativa promissora, permitindo a produção de nanofertilizantes que podem melhorar a eficiência da fertilização, reduzir a necessidade de aplicação e minimizar os efeitos negativos no meio ambiente (BABU et al., 2022).

Além disso, os nanofertilizantes têm o potencial de melhorar a qualidade dos solos, aumentar a resistência das plantas a doenças e pragas, e reduzir a necessidade de produtos químicos nocivos ao meio ambiente (CHHIPA, 2017a).

Pesquisas sobre o uso da nanotecnologia na agricultura ainda são limitadas e existem preocupações sobre os possíveis efeitos colaterais no meio ambiente e na saúde humana. Por isso, é importante realizar mais estudos para entender melhor o impacto dos nanofertilizantes na agricultura e no meio ambiente.

Em conclusão, os nanofertilizantes oferecem uma promissora alternativa para a fertilização de plantas, reduzindo a poluição e melhorando a sustentabilidade da agricultura. No entanto, mais pesquisas são necessárias para avaliar seus efeitos a longo prazo na saúde humana e no meio ambiente.

4 BIOCHAR TECHNOLOGY

4.1 Biomax nitro plus 26

O Biomax Nitro Plus 26 é um nanofertilizante nitrogenado utilizado como substituto da ureia na agricultura. Composto por nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, além de boro, molibdênio e zinco, apresenta uma composição química adequada para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Possui também carbono orgânico, aminoácidos, ácidos orgânicos e extratos de algas, que contribuem para a fertilidade do solo e benefícios adicionais às plantas. É recomendado utilizar 20 a 40 L/ha e esse protocolo de aplicação permite substituir de 120 kg a 180 kg de ureia aplicada via solo como cobertura quando utilizado em conjunto com o condox solo, resultando em economia de custos e potencialmente impactos positivos ao meio ambiente.

Figura 1 – Níveis de garantia do produto Biomax nitro plus 26.

BIOMAX NITRO PLUS 26		
GARANTIAS		
Carbono Orgânico Total	6,00%	(78,0 g/l)
Nitrogênio (N) solúvel em água	20,00%	(260,0 g/l)
Fósforo (P ₂ O ₅) solúvel em água	4,00%	(52,0 g/l)
Potássio (K ₂ O) solúvel em água	2,00%	(26,0 g/l)
Boro (B) solúvel em água	0,05%	(0,65 g/l)
Molibdênio (Mo) solúvel em água	0,10%	(1,30 g/l)
Zinco (Zn) solúvel em água	0,10%	(1,30 g/l)
Densidade	1,30 g/ml	
Contém aminoácidos e ácidos orgânicos		
Contém 0,40% de Extratos de Algas		

Fonte: (Biochar Technology, 2022)

4.2 Condox solo

O Condox Solo é um nanofertilizante condicionador de solo que possui uma composição específica para melhorar a qualidade do solo e promover o crescimento saudável das plantas. Ele contém uma variedade de nutrientes essenciais, bem como aminoácidos e ácidos orgânicos, que desempenham um papel importante no desenvolvimento das plantas. Contém outros nutrientes em quantidades menores, como boro, cobalto, cobre, manganês, molibdênio, níquel e zinco.

Esses micronutrientes são importantes para o desenvolvimento saudável das plantas, mesmo que em quantidades menores.

Figura 2 – Níveis de garantia do produto Condox solo.

BIOMAX CONDOX SOLO		
GARANTIAS		
Carbono Orgânico Total	14,00%	(176,4 g/l)
Nitrogênio (N) solúvel em água	3,00%	(37,8 g/l)
Fósforo (P ₂ O ₅) solúvel em água	2,00%	(25,2 g/l)
Potássio (K ₂ O) solúvel em água	2,00%	(25,2 g/l)
Enxofre (S) solúvel em água	1,00%	(12,6 g/l)
Boro (B) solúvel em água	0,30%	(3,78 g/l)
Cobalto (Co) solúvel em água	0,03%	(0,38 g/l)
Cobre (Cu) solúvel em água	0,20%	(2,52 g/l)
Manganês (Mn) solúvel em água	0,20%	(2,52 g/l)
Molibdênio (Mo) solúvel em água	0,10%	(1,26 g/l)
Níquel (Ni) solúvel em água	0,02%	(0,25 g/l)
Zinco (Zn) solúvel em água	0,60%	(7,56 g/l)
Densidade	1,26 g/ml	
Contém aminoácidos e ácidos orgânicos		
Contém 1% de Extratos de Algas		

Fonte: (Biochar Technology, 2022)

4.3 Biomax power raiz

O Biomax Power Raiz é um nanofertilizante enraizador fluido altamente eficaz, desenvolvido com base em aminoácidos e ácidos orgânicos. Este produto é enriquecido com 8% de extratos de algas, que desempenham um papel fundamental no estímulo e no aprimoramento do sistema radicular das plantas. Sua formulação única e equilibrada permite melhorar o enraizamento tanto das raízes primárias quanto das secundárias, proporcionando benefícios significativos para o desenvolvimento saudável das plantas de milho.

Recomenda-se a aplicação do Biomax Power Raiz em uma dosagem de 5 a 10 litros por hectare, dependendo do porte da lavoura e das necessidades específicas das plantas. Essa dosagem ajustável permite que os agricultores otimizem a aplicação de acordo com as condições e demandas individuais de cada lavoura.

O enraizador fluido Biomax Power Raiz desempenha um papel importante no estabelecimento e crescimento inicial das raízes, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento das plantas. Ao fortalecer o sistema radicular, o produto aumenta a capacidade de absorção de água e nutrientes, melhorando a eficiência no uso dos recursos disponíveis no solo. Isso resulta em uma maior resistência das plantas a condições adversas, como seca ou estresse hídrico, e favorece um crescimento vigoroso e saudável.

Além disso, a presença de aminoácidos e ácidos orgânicos no Biomax Power Raiz contribui para o equilíbrio hormonal das plantas, estimulando o crescimento radicular e promovendo um enraizamento mais profundo e abrangente. Esses componentes também têm propriedades bioestimulantes, auxiliando na ativação e no desenvolvimento de processos metabólicos que sustentam o crescimento das plantas.

Figura 3 – Níveis de garantia do produto Biomax power raiz.

BIOMAX POWER RAIZ		
GARANTIAS		
Carbono Orgânico Total	16,00%	(216,0 g/l)
Nitrogênio (N) solúvel em água	4,00%	(54,0 g/l)
Fósforo (P ₂ O ₅) solúvel em água	4,00%	(54,0 g/l)
Potássio (K ₂ O) solúvel em água	2,00%	(27,0 g/l)
Enxofre (S) solúvel em água	1,00%	(13,5 g/l)
Boro (B) solúvel em água	0,10%	(1,35 g/l)
Cobalto (Co) solúvel em água	0,10%	(1,35 g/l)
Cobre (Cu) solúvel em água	0,08%	(1,08 g/l)
Manganês (Mn) solúvel em água	0,10%	(1,35 g/l)
Molibdênio (Mo) solúvel em água	0,80%	(10,8 g/l)
Níquel (Ni) solúvel em água	0,10%	(1,35 g/l)
Zinco (Zn) solúvel em água	0,30%	(4,05 g/l)
Densidade	1,35 g/ml	
Contém aminoácidos e ácidos orgânicos		
Contém 8% de Extratos de Algas		

Fonte: (Biochar Technology, 2022)

4.4 Base 2

A Base 2 é um nanofertilizante inovador. Com o uso da nanotecnologia de última geração, esse produto oferece uma série de benefícios e vantagens para os agricultores.

Uma das principais características do Base 2 é sua composição organomineral, que apresenta uma alta concentração de nutrientes essenciais para as plantas. Além disso, o fertilizante é enriquecido com agentes biológicos, que auxiliam no desenvolvimento saudável das culturas.

O produto também conta com ingredientes orgânicos e bioestimulantes, como carbono orgânico, açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e precursores de hormônios à base de extratos de algas. Esses elementos fornecem uma nutrição balanceada e promovem a bioestimulação das plantas, resultando em um enraizamento vigoroso e um crescimento mais saudável.

Uma das grandes vantagens do Base 2 é a sua liberação lenta, que ocorre ao longo de 4 a 6 meses. Isso significa que o fertilizante fornece uma nutrição constante e gradual às plantas, garantindo um suprimento contínuo de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo. Essa característica também contribui para uma bioestimulação prolongada, resultando em maior eficiência e economia de recursos. Outro aspecto relevante é a bioativação da microbiota do solo promovida pelo Base 2. Esse processo fortalece a atividade microbiana benéfica, contribuindo para uma melhor estrutura e fertilidade do solo. Como resultado, há uma melhoria na absorção de nutrientes e uma maior resistência das plantas a condições adversas.

Figura 4 – Níveis de garantia da Base 2.

GARANTIAS		
Carbono Orgânico Total	28,00%	(392,0 g/l)
Nitrogênio (N) solúvel em água	1,00%	(14,0 g/l)
Fósforo (P ₂ O ₅) solúvel em água	3,00%	(42,0 g/l)
Magnésio (Mg) solúvel em água	0,50%	(7,00 g/l)
Enxofre (S) solúvel em água	1,00%	(14,0 g/l)
Cobalto (Co) solúvel em água	0,01%	(0,140 g/l)
Molibdênio (Mo) solúvel em água	0,10%	(1,40 g/l)
Níquel (Ni) solúvel em água	0,008%	(0,112 g/l)
Zinco (Zn) solúvel em água	1,00%	(14,0 g/l)
CTC	200,00	mmol c/kg
Umidade	10,00%	(140,0 g/l)
Densidade	1,40 g/ml	
Contém aminoácidos e ácidos orgânicos		
Contém 2,5% de Extratos de Algas		

Fonte: (Biochar Technology, 2022)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Condições experimentais

Foi realizado um experimento em delineamento para avaliar o efeito do uso da base 2 e diferentes protocolos Biochar technology na produção de milho em uma área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O experimento foi conduzido na safra das águas de 2022/2023, com semeadura em 01/11/22 e emergência das plantas após 5 dias. Utilizou-se o híbrido 30A37, com tecnologia PWU que contém as proteínas transgênicas Bt Cry1A.105, Cry2Ab2, Cry1F e Vip3Aa20 que proporcionam resistência ao ataque de lagartas, em especial à lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*. A semeadura foi realizada de forma mecanizada, com adubação no sulco de plantio com NPK 08-28-16. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de 5 m de comprimento espaçadas em 0,6 m, deixando-se 1 m de carreador entre tratamentos dentro do mesmo bloco, e quatro blocos como repetições. A densidade de semeadura foi ajustada para 4 plantas/m linear, em uma proporção equivalente a 66,6 mil plantas/ha.

O solo predominante na Universidade Federal de Lavras (UFLA) é o Latossolo.

Lavras está localizada no sul do Estado de Minas Gerais, entre as latitudes 21° 14' S e 21° 17' S, e longitudes 45° 00' W Gr. e 45° 06' W Gr. A altitude média da região é de 918 metros acima do nível do mar.

De acordo com a classificação de Köppen e estudos de Dantas, Carvalho e Ferreira (2007), o clima do município de Lavras é do tipo Cwa. Trata-se de um clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 19,9 °C e a precipitação média anual é de 1.486 mm, concentrada principalmente entre os meses de outubro e março.

5.2 Tratamentos

Os tratamentos foram compostos por adubação tradicional e três protocolos nanotecnológicos constituídos por bases organominerais, aplicados via foliar nos estádios V4 e V6, sendo eles: A) Biomax Nitro Plus-26, 40 litros/ha (Duas aplicações, 20L/ha cada); Condox Solo, 4 litros/ha (Duas aplicações, 2L/ha cada); Biomax Power Raiz 2 litros/ha (Uma aplicação); B) Biomax Nitro Plus-26, 30 litros/ha (Uma aplicação - V6); Condox Solo, 3 litros/ha (Uma aplicação - V6); Biomax Power Raiz 2 litros/ha (Uma aplicação); C) Biomax Nitro Plus-26, 40

litros/ha (Uma aplicação - V6); Condox Solo, 4 litros/ha (Uma aplicação - V6); Biomax Power Raiz 2 litros/ha (Uma aplicação) e D) Tratamento tradicional com Ureia (400kg/ha).

Além dos tratamentos mencionados anteriormente, também foram realizados tratamentos utilizando a Base 2 via foliar nos estádios V4 e V6 em diferentes quantidades por hectare: A) 5 litros por hectare de Base 2, B) 10 litros por hectare de Base 2, C) 20 litros por hectare de Base 2 e D) Tratamento com 400 quilos por hectare de ureia (400 Kg/ha). O estudo também aplicou 20 litros/ha de Biomax Nitro Plus-26 e 2 litros/ha de Condox Solo quando as plantas estavam em V8.

5.3 Avaliação da fertilização na produtividade de silagem

Para avaliar o impacto dos diferentes protocolos e doses das adubações na produtividade, após a maturação fisiológica das plantas, aproximadamente após 150 dias da emergência, amostras de material para silagem e grãos, foram colhidas de 10 plantas ao acaso das duas linhas centrais de cada parcela. As amostras foram levadas ao laboratório para avaliação da matéria fresca das plantas.

5.4 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram analisados por meio de ANOVA (Análise de Variância) e as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de médias.

As análises de dados foram conduzidas utilizando o software SAS Universitário.

6 RESULTADOS

6.1 Uso da base 2

O estudo realizado analisou as diferenças entre as médias ajustadas de algumas características de plantas de milho, como peso da planta, parte aérea, peso total (que é o peso da planta mais o peso da espiga com palha) e produção de silagem, considerando diferentes dosagens da base 2 (5, 10 e 20 litros por hectare) e também comparando com o tratamento tradicional, que utiliza 400 kg de ureia por hectare.

Além disso, o estudo também aplicou 20 litros/ha de Biomax Nitro Plus-26 e 2 litros/ha de condox solo quando as plantas estavam em torno de 8 folhas. Essa aplicação tem como objetivo fornecer nitrogênio para as plantas de milho, favorecendo seu desenvolvimento e produção.

Os resultados obtidos indicaram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as médias ajustadas das características analisadas, considerando as diferentes dosagens da base 2 e também em comparação com o tratamento tradicional com ureia. Isso significa que, para as condições em que o experimento foi realizado, as diferentes dosagens da base 2 tiveram efeitos semelhante à dose aplicada de ureia nas características de produção das plantas de milho.

Os resultados obtidos nesse estudo são importantes para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de cultivo de milho, pois sugerem que a dosagem da base 2 pode ser ajustada sem impacto negativo na produção e nas características das plantas.

Tabela 3 – Média de peso das plantas com uso da base 2

Protocolos Usados	Média peso das plantas (Kg)
A) 5 litros/ha da base 2	0,6115
B) 10 litros/ha da base 2	0,5320
C) 20 litros/ha da base 2	0,5265
D) Ureia (400kg/ha)	0,6450

CV = 11,51. Erro padrão da média = 0,0333.

Tabela 4 – Média de peso das espigas com uso da base 2

Protocolos Usados	Média peso espigas (Kg)
A) 5 litros/ha da base 2	0,3865
B) 10 litros/ha da base 2	0,3645
C) 20 litros/ha da base 2	0,3435
D) Ureia (400kg/ha)	0,3835

CV = 6,36. Erro padrão da média = 0,0117.

Tabela 5 – Média de peso das plantas mais espigas com o uso da base 2

Protocolos Usados	Média peso das plantas mais espigas (Kg)
A) 5 litros/ha da base 2	0,9980
B) 10 litros/ha da base 2	0,8965
C) 20 litros/ha da base 2	0,8700
D) Ureia (400kg/ha)	1,0285

CV = 8,75. Erro padrão da média = 0,0415.

Tabela 6 – Média de produção de silagem com o uso da base 2

Protocolos Usados	Média de produção de silagem (Kg)
A) 5 litros/ha da base 2	59.880
B) 10 litros/ha da base 2	53.790
C) 20 litros/ha da base 2	52.200
D) Ureia (400kg/ha)	61.710

CV = 8,75. Erro padrão da média = 2.488,71.

6.2 Uso de diferentes protocolos Biochar Technology na produção de milho na UFLA

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes protocolos de aplicação de fertilizantes na produção de milho para silagem. Foram testados quatro protocolos: A, B, C e D, sendo que o protocolo A incluía duas aplicações de Biomax Nitro Plus-26 e Condox Solo e uma aplicação de Biomax Power Raiz; o protocolo B incluía uma aplicação de Biomax Nitro Plus-26, Condox Solo e Biomax Power Raiz; o protocolo C incluía uma aplicação de Biomax Nitro Plus-26, Condox Solo e Biomax Power Raiz; e o protocolo D incluía o tratamento tradicional com ureia.

Os resultados do estudo mostraram que não houve diferenças significativas nas médias ajustadas das características analisadas, incluindo peso da planta, peso da espiga com palha, peso total (peso da planta mais peso da espiga com palha) e produção de silagem, em função dos diferentes protocolos usados. Isso indica que todos os protocolos testados tiveram um efeito semelhante na produção de milho para silagem.

É importante destacar que o experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, o que aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos. Além disso, o uso de diferentes protocolos de aplicação de fertilizantes permite uma avaliação mais ampla dos efeitos desses insumos na produção agrícola.

Os resultados desse estudo podem ser úteis para produtores de milho para silagem que buscam maximizar a produtividade de suas lavouras. Ao considerar diferentes protocolos de

aplicação de fertilizantes, é possível encontrar aquele que melhor se adapta às condições de cada propriedade e obter melhores resultados na produção de milho para silagem.

Tabela 7 – Média de peso das plantas para diferentes protocolos de fertilização

Protocolos Usados	Média peso das plantas (Kg)
A) 20 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,6120
B) 30 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,5635
C) 40 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,6330
D) Ureia (400kg/ha)	0,6450

CV = 14,76. Erro padrão da média = 0,0452.

Tabela 8 – Média de peso das espigas para diferentes protocolos de fertilização

Protocolos Usados	Média peso das espigas (Kg)
A) 20 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,3620
B) 30 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,3280
C) 40 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,3280
D) Ureia (400kg/ha)	0,3835

CV = 10,33. Erro padrão da média = 0,0189.

Tabela 9 – Média de peso das plantas mais espigas para diferentes protocolos de fertilização

Protocolos Usados	Média peso das plantas mais espigas (Kg)
A) 20 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,9740
B) 30 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	0,8915
C) 40 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	1,0235
D) Ureia (400kg/ha)	1,0285

CV = 12,52. Erro padrão da média = 0,0613.

Tabela 10 – Média de produção de silagem com o uso de diferentes protocolos de fertilização

Protocolos Usados	Média produção de silagem (Kg)
A) 20 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	58.440
B) 30 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	53.490
C) 40 litros/ha Biomax Nitro Plus-26	61.410
D) Ureia (400kg/ha)	61.710

CV = 12,52 Erro padrão da média = 3.678,70.

7 DISCUSSÃO

A aplicação da nanotecnologia melhora as condições do solo de forma notável. A tecnologia empregada permite o controle preciso e eficiente da liberação dos nutrientes, evitando perdas por lixiviação e volatilização. Além disso, a nanotecnologia ajuda a reduzir a degradação e a compactação do solo, favorecendo a retenção de umidade e a aeração adequada para o crescimento das plantas (CARVALHO, 2017).

Outra vantagem essencial é a capacidade da planta de aproveitar de forma mais eficiente os nutrientes disponíveis. A nanotecnologia aplicada no produto desenvolvido aumenta a disponibilidade dos nutrientes, tornando-os mais acessíveis às raízes das plantas. Isso resulta em uma absorção mais eficiente, maximizando o potencial de crescimento e desenvolvimento das culturas (CHHIPA, 2017b).

A empresa Biochar Technology desempenha um papel crucial na composição dos produtos utilizados neste estudo, incorporando o carvão ativado biochar em sua formulação. O biochar, um material altamente poroso e rico em carbono, tem sido reconhecido por sua contribuição significativa na melhoria da estrutura do solo (MEYER; GLASER; QUICKER, 2011). Além disso, o carvão ativado possui propriedades de adsorção, o que significa que é capaz de reter e liberar nutrientes de forma controlada, garantindo sua disponibilidade gradual para as plantas ao longo do tempo.

Além disso, o carvão ativado possui propriedades de adsorção, o que significa que é capaz de reter e liberar nutrientes de forma controlada, garantindo sua disponibilidade gradual para as plantas ao longo do tempo.

Ao incorporar o Biochar em seus produtos, a empresa Biochar Technology tem sido capaz de aproveitar os benefícios desse material inovador para melhorar ainda mais a eficácia da nanotecnologia utilizada no estudo. A presença do carvão ativado Biochar nas formulações contribuiu para a otimização ampliando os benefícios proporcionados pela nanotecnologia. Em resumo, a aplicação da nanotecnologia no produto desenvolvido neste trabalho se mostrou altamente eficaz, proporcionando resultados semelhantes à adubação tradicional com ureia, porém com vantagens adicionais. A nanotecnologia melhora as condições do solo, aumenta a eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas e utiliza o carvão ativado biochar para otimizar a retenção e liberação de nutrientes. Essa abordagem inovadora representa um avanço significativo na agricultura, promovendo a sustentabilidade, a produtividade e a preservação ambiental.

8 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que os protocolos nanotecnológicos foram semelhantes em termos de produtividade quando comparados à adubação tradicional com ureia. No entanto, é relevante destacar que o produto nanotecnológico utilizado possui uma composição vantajosa, incluindo a presença de carbono orgânico, fósforo, potássio, boro, molibdênio e zinco. Além disso, o preço competitivo no mercado pode tornar o uso desses protocolos uma alternativa viável à adubação tradicional em determinadas situações. Essas descobertas sugerem que a adoção de práticas de adubação baseadas em nanotecnologia pode representar uma oportunidade promissora no contexto da agricultura moderna, e seu uso pode ser considerado dependendo das necessidades específicas de cada cultivo e das condições agronômicas. No entanto, é fundamental ressaltar a importância de mais pesquisas e experimentos para aprofundar o conhecimento sobre a eficácia desses protocolos nanotecnológicos em diferentes culturas e ambientes agrícolas.

REFERÊNCIAS

- AGRONÔMICAS, V. corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação. viçosa, mg, comissão. **LEONARDO ANGELO DE AQUINO**, Universidade Federal de Viçosa, v. 63, n. 4, p. 62, 2009.
- ARAÚJO, L. A. N. d.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. d. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, SciELO Brasil, v. 39, p. 771–777, 2004.
- BABU, S. et al. Nanofertilizers for agricultural and environmental sustainability. **Chemosphere**, Elsevier, v. 292, p. 133451, 2022.
- BARBANO, M. T. et al. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no estado de são paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 2, p. 261–268, 2001.
- BARROS, J. F.; CALADO, J. G. A cultura do milho. 2014.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. **Porto Alegre: Emater/RS-Ascar**, v. 84, p. 85, 2014.
- Biochar Technology. **Título do Relatório ou Publicação**. 2022.
- BUTT, B. Z.; NASEER, I. Nanofertilizers. **Nanoagronomy**, Springer, p. 125–152, 2020.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**, Potafos Piracicaba, p. 148–196, 1993.
- CARVALHO, H. W. P. d. Nanofertilizantes: aplicações práticas. **Resumos**, 2017.
- CHHIPA, H. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. **Environmental chemistry letters**, Springer, v. 15, p. 15–22, 2017.
- CHHIPA, H. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. **Environmental chemistry letters**, Springer, v. 15, p. 15–22, 2017.
- COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006., 2006.
- COELHO, A. M. et al. Fertilidade de solos: nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, JC (Ed.). Cultivo do milho. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e . . . , 2008.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. d.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em lavras, mg. **Ciência e Agrotecnologia**, SciELO Brasil, v. 31, p. 1862–1866, 2007.
- FAO - Food and Agriculture Organization. **Título do Relatório**. 2022.
- FAQUIN, V. Diagnose do estado nutricional das plantas. **Lavras: UFLA/FAEPE**, v. 1, p. 77, 2002.
- FARIAS, W. M. Biochar de lodo de esgoto como condicionador do solo: efeitos nas propriedades agronômicas, fertilidade do solo e qualidade da matéria orgânica. 2018.
- FELIPPE, G. M. **Grãos e sementes: a vida encapsulada**. [S.l.]: Senac, 2007.

- FERREIRA, R. R. M.; FILHO, J. T.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Universidade Estadual de Londrina, v. 31, n. 4, p. 913–932, 2010.
- FILHO, D. F. **Manual da cultura do milho**. [S.l.]: Funep, 2007.
- FONTANA, A.; CAMPOS, D. de. Carbono orgânico. In: TEIXEIRA, PC; DONAGEMMA, GK; FONTANA, A.; TEIXEIRA, WG (Ed.). *Manual de ...*, 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Título do Relatório ou Publicação**. 2022.
- LIMA, R. A. e. a. Desempenho agrônomico de milho com uso de fertilizantes nitrogenados convencionais e nanotecnológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020.
- MAIA, C. Biochar: uma nova ferramenta no manejo de solos. **Seminário De Atualização Florestal**, v. 2, 2010.
- MALAVOLTA, E. **O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais**. [S.l.]: Ipni SP, 2008.
- MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. [S.l.]: Academic press, 2011.
- MEYER, S.; GLASER, B.; QUICKER, P. Technical, economical, and climate-related aspects of biochar production technologies: a literature review. **Environmental science & technology**, ACS Publications, v. 45, n. 22, p. 9473–9483, 2011.
- MORAIS, T. P. d. et al. Adubação nitrogenada e inoculação com azospirillum brasilense em híbridos de milho. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- PEREIRA, P. H. de S. et al. Aplicações da nanotecnologia na agricultura. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498**, v. 13, n. 13, 2017.
- PRIMAVESI, A. C. et al. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista brasileira de Zootecnia**, SciELO Brasil, v. 33, p. 68–78, 2004.
- REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Conservação de forragem como estratégia para otimizar o manejo das pastagens. **FCAV/UNESP, Jaboticabal**. Disponível em: < <http://www.fcav.unesp.br/>>, Acesso em: out, 2017.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J.; BENSON, G. How a corn plant develops. iowa state univ. **Coop. Ext. Serv. Spec. Rep**, v. 48, p. 21, 1993.
- RODRIGUES, M.; KIEHL, J. d. C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 10, n. 1, p. 37–43, 1986.
- ROSECRANCE, R. et al. Denitrification and n mineralization from hairy vetch (*vicia villosa roth*) and rye (*secale cereale l.*) cover crop monocultures and bicultures. **Plant and Soil**, v. 227, 12 2000.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABBOUD, A. C. d. S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, SciELO Brasil, v. 41, p. 673–678, 2006.

SCHELER, E. D.; CAVICHIOLI, F. A. Viabilidade de silagem de milho para o gado leiteiro. **Revista Interface Tecnológica**, n. 1, p. 265–275, 2021.

SILVA, A. R. P. d. et al. Silagens de sorgo (*sorghum bicolor* l. moench) aditivadas com subprodutos de cervejaria. Universidade Federal do Amazonas, 2021.

SILVA, D. F. da et al. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172–e12310313172, 2021.

SILVA, M. L. N. et al. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 97–103, 1998.

SILVA, W. J. D. M. E. et al. Efeito do estágio fenológico do milho (*zea mays* l.) sobre infestação pelo pulgão *rhopalosiphum maidis* (fitch, 1856). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 03, 2005.

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, SciELO Brasil, v. 35, p. 493–502, 2011.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize: II. carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop science**, Wiley Online Library, v. 35, n. 5, p. 1384–1389, 1995.

VOLTOLINI, T. V. et al. Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o semiárido brasileiro. In: SA, IB; SILVA, PCG da.(Ed.). *Semiárido brasileiro: pesquisa . . .*, 2010.