

UNIGUAÇU – UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU LTDA.
FACULDADE UNIGUAÇU
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA
Trabalho de conclusão de curso II

DIEGO ANDRÉ HART

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS E DOSES DE NITROGÊNIO
EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA**

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR
2024

DIEGO ANDRÉ HART

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso Superior de Engenharia Agrônômica da Faculdade UNIGUAÇU, sob orientação do Prof. Dr. Fábio Corbari

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU – PR

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

DIEGO ANDRÉ HART

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica apresentado, sob a orientação do professora Dr. Fábio Corbari, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade UNIGUAÇU, pela seguinte banca examinadora:

Professor Orientador Dr. Fábio Corbari
Faculdade UNIGUAÇU

Professor Esp. Fernando Cologni
Faculdade UNIGUAÇU

Professora Me. Karina Kestring
Faculdade UNIGUAÇU

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 09 DE NOVEMBRO DE 2024.

A folha devidamente assinada está sob guarda da secretaria do curso.

AGRADECIMENTOS

A vida é composta por momentos, e este é o momento de expressar minha gratidão, primeiramente agradeço ao meu grande Deus que foi quem me deu força para superar todas as dificuldades e desafios e me concedeu sabedoria para chegar até aqui, é o responsável de todo meu sucesso.

Agradeço à minha esposa Jaiane Luiza, e ao meu filho Théo José, pelo companheirismo, compreensão e parceria ao longo deste período em nossas vidas. Aos meus pais, José Dilson (in memoriam) e Isali Marli, que sempre fizeram da nossa educação sua meta principal. Tenho certeza de que minha estrelinha é orgulhosa. Às minhas irmãs, Adriane e Fabiane, que, mesmo em caminhos diferentes, sempre me mostraram novas possibilidades.

Aos colegas da Uniguaçu, que posso chamar de amigos, pelas palavras de incentivo e pela partilha de angústias e conquistas. Aos educadores que aceitaram o convite para participar desta jornada e por dividir seus ensinamentos ao longo do curso, em especial ao professor Fábio Corbari, meu orientador, por me guiar com atenção e dedicação e à professora Graciela Dallastra, por aceitar contribuir com seu olhar para a qualificação deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que me apoiaram para que fosse possível chegar até aqui.

RESUMO

O cultivo do milho requer quantidades substanciais de nitrogênio ao longo de seu ciclo produtivo, sendo crucial que o solo ofereça esse nutriente em níveis adequados. A eficácia da adubação nitrogenada está diretamente relacionada à escolha da fonte e à forma de aplicação, uma vez que diferentes compostos nitrogenados apresentam distintas taxas de liberação e disponibilidade para as plantas. Este estudo avaliou os efeitos de diferentes formas e doses de adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho safrinha. O experimento foi realizado na propriedade do Sr. Geraldo Jaskowiak, em Marechal Cândido Rondon-PR, entre janeiro e junho de 2024, em uma área de 96 m². A variedade de milho utilizada foi a BREVANT B2702VYHR, e o delineamento experimental consistiu em blocos casualizados com esquema fatorial de 5 tratamentos cruzados em 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos incluíram: controle (T), ureia convencional em uma dose (UC1) e duas doses (UC2), e ureia protegida em uma dose (UP1) e duas doses (UP2). As aplicações de UC1 e UP1 foram de 60 kg de N/ha na fase fenológica V4, enquanto UC2 e UP2 receberam 60 kg de N/ha em V4 e V8. Ao final do ciclo, foram mensurados parâmetros como altura das plantas, diâmetro de colmo, peso de mil grãos, produtividade (kg/ha), número de espigas por planta e fileiras de grãos por espiga. Os resultados indicaram que os tratamentos influenciaram significativamente o desenvolvimento e a produtividade das plantas, com variações expressivas nas variáveis monitoradas em comparação ao controle. Destacou-se o tratamento UP1, que obteve a maior produtividade, com 6.208,75 kg/ha, evidenciando a eficácia da adubação nitrogenada de liberação progressiva. A adubação nitrogenada em cobertura influenciou significativamente o desenvolvimento e produtividade do milho safrinha. Tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 superaram o controle. O tratamento UP1, com liberação progressiva, alcançou maior produtividade, demonstrando eficácia em nutrição equilibrada e contínua para a planta, apoiando práticas de manejo sustentáveis.

Palavras-chave: milho safrinha; adubação nitrogenada; fertilizantes.

ABSTRACT

Corn cultivation requires substantial amounts of nitrogen throughout its production cycle, and it is crucial that the soil provides this nutrient at adequate levels. The effectiveness of nitrogen fertilization is directly related to the choice of source and application method, since different nitrogen compounds present different release rates and availability to plants. This study evaluated the effects of different forms and doses of nitrogen topdressing fertilization on the second-crop corn crop. The experiment was carried out on Mr. Geraldo Jaskowiak's property, in Marechal Cândido Rondon-PR, between January and June 2024, in an area of 96 m². The corn variety used was BREVANT B2702VYHR, and the experimental design consisted of randomized blocks with a factorial scheme of 5 crossed treatments in 4 replications, totaling 20 experimental plots. The treatments included: control (T), conventional urea at one dose (UC1) and two doses (UC2), and protected urea at one dose (UP1) and two doses (UP2). The applications of UC1 and UP1 were 60 kg of N/ha in the V4 phenological phase, while UC2 and UP2 received 60 kg of N/ha in V4 and V8. At the end of the cycle, parameters such as plant height, stem diameter, thousand-grain weight, productivity (kg/ha), number of ears per plant and rows of grains per ear were measured. The results indicated that the treatments significantly influenced the development and productivity of the plants, with significant variations in the monitored variables compared to the control. The UP1 treatment stood out, which obtained the highest productivity, with 6,208.75 kg/ha, evidencing the effectiveness of progressive-release nitrogen fertilization. Nitrogen fertilization as a topdressing significantly influenced the development and productivity of the second-crop corn. Treatments UC1, UC2, UP1 and UP2 outperformed the control. Treatment UP1, with progressive release, achieved higher productivity, demonstrating efficacy in balanced and continuous nutrition for the plant, supporting sustainable management practices.

Key Word: off-season corn; nitrogen fertilizer; fertilizers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de satélite com a localização do experimento na propriedade do Sr. Geraldo.....	19
Figura 2 – Análise química referente a área do experimento.....	20
Figura 3 – Aplicações de ureia comum e protegida nos estágios V4 e V8.....	22
Figura 4 – Avaliação após emergência do milho na área do experimento.....	22
Figura 5 – Avaliação de diâmetro de colmo no milho.....	24
Figura 6 - Contagem manual de NFE.....	24
Figura 7 – Avaliação de massa de grãos de milho.....	25
Figura 8 – Pesagem dos grãos de milho.....	26
Figura 9 – Medição do teor de umidade.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), número de fileira de grãos por espiga (NFE), número de espigas por planta (NEP), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade (PROD) do milho, com diferentes formas e doses de aplicação do nitrogênio.....	27
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	09
2 JUSTIFICATIVA.....	11
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVO GERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
4.1 MILHO.....	14
4.2 NITROGÊNIO NO SOLO.....	15
4.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA E A CULTURA DO MILHO.....	16
4.4 ADUBOS NITROGENADOS.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA, LOCAL DE ESTUDO E EXPERIMENTO.....	19
5.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	19
5.2.1 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO.....	20
5.2.2 SEMEADURA.....	21
5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	21
5.4 TRATOS CULTURAIS.....	22
5.5 ANÁLISES.....	23
5.5.1 ALTURA DE PLANTAS (AP)	23
5.5.2 DIÂMETRO DE COLMO (DC)	23
5.5.3 NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTAS (NEP) E NÚMERO DE FILEIRAS DE GRÃOS POR ESPIGA (NFE)	24
5.5.4 PESO DE MIL GRÃOS (PMG)	24
5.5.5 PRODUTIVIDADE/KG/HA (PROD)	25
5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
7 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
APÊNDICE A – RESUMO PESQUISA E EXTENSÃO.....	38

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de aumentar a produtividade agrícola de forma sustentável, tem colocado os nutrientes essenciais das plantas no centro das atenções dos pesquisadores e produtores agrícolas, dentre elas na cultura do milho (SEGS, 2017).

O milho (*Zea mays L.*) é uma cultura agrícola amplamente cultivada e de grande importância econômica em todo o mundo (FONTANIVE et al., 2019). O Brasil tem desempenhado um papel fundamental no cenário global de produção de milho, consolidando-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais dessa cultura (EMBRAPA, 2022).

A expansão da área cultivada, o avanço tecnológico e a adaptação às diferentes regiões do país contribuíram significativamente para o sucesso da produção de milho no Brasil, se destacando na produção mundial, cultivando cerca de 120 a 130 milhões de toneladas de milho por ano, com uma sobra de quase 50 milhões de toneladas para exportação, fortalecendo assim a economia do país, gerando receita e promovendo o desenvolvimento econômico (ABRAMILHO, 2023).

O nitrogênio desempenha um papel crucial em diversas funções fisiológicas do milho, como a síntese de proteínas, enzimas e clorofila, a insuficiência de nitrogênio pode resultar em crescimento reduzido, folhas amareladas e menor rendimento (GOYAL; SCHMIDT E HYNES, 2021).

Como o milho demanda uma quantidade substancial de nitrogênio ao longo de seu ciclo é essencial que o solo disponibilize esse nutriente em quantidades apropriadas e as recomendações para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada (CAIRES E MILLA, 2016).

A eficácia da adubação está relacionada à escolha das fontes de nitrogênio, uma vez que diferentes compostos nitrogenados, como ureia e fertilizante nitrogenado de liberação progressiva, podem liberar e tornar-se disponíveis para as plantas em diferentes taxas. Além disso, a definição das doses adequadas de nitrogênio é crucial para evitar excessos que levem a perdas por lixiviação ou volatilização, assim como a escassez que limita o potencial produtivo da cultura (BARROS et al., 2016).

Com base no exposto, o estudo avaliou o efeito de diferentes fontes de adubação nitrogenada em cobertura no milho safrinha, em busca de uma gestão mais

eficiente da adubação, examinando o desempenho das fontes para otimizar tanto a produtividade quanto a qualidade dos grãos, contribuindo ainda para o avanço das práticas agrícolas em direção a uma maior produtividade.

2 JUSTIFICATIVA

A seleção adequada da fonte de nitrogênio e a eficiência na aplicação de fertilizantes nitrogenados na adubação do milho safrinha são fatores fundamentais para maximizar a produtividade agrícola e otimizar o uso dos recursos disponíveis. A escolha correta das fontes de nitrogênio e sua aplicação estratégica têm um impacto direto na rentabilidade da cultura, uma vez que diferentes fontes apresentam características específicas de liberação e disponibilidade do nutriente, influenciando tanto o crescimento quanto o desenvolvimento reprodutivo das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

No contexto atual, onde a agricultura enfrenta desafios globais, como a crescente demanda por alimentos e a pressão por métodos de produção mais sustentáveis, práticas que maximizem a eficiência dos fertilizantes tornam-se imprescindíveis (FAO, 2021). Segundo Raun e Johnson (1999), o uso eficiente de nitrogênio nas lavouras é um dos principais desafios para a produção de grãos em larga escala, pois a aplicação excessiva ou incorreta pode causar perdas econômicas e impactos ambientais, como a contaminação dos recursos hídricos. A busca por fontes de nitrogênio que permitam uma liberação gradual e controlada do nutriente é considerada uma estratégia eficaz para atender à demanda da planta ao longo de seu ciclo, evitando perdas e maximizando a absorção (LADHA et al., 2005).

Estudos que avaliem diferentes fontes de adubação nitrogenada e suas respectivas dosagens são essenciais para fornecer aos produtores dados confiáveis sobre o manejo adequado do nitrogênio, permitindo uma produção mais eficiente e econômica. O uso de fontes de nitrogênio protegidas tem demonstrado impacto positivo na produtividade e qualidade dos grãos, especialmente em sistemas de agricultura intensiva (FAGERIA; BALIGAR, 2005). Além disso, o uso eficiente de fertilizantes, com base em recomendações específicas de doses e modos de aplicação, contribui para a sustentabilidade da agricultura, promovendo a conservação dos recursos naturais e o aumento da produtividade agrícola (SNYDER et al., 2009).

Diante disso, este trabalho pretende oferecer contribuições relevantes para a tomada de decisões por produtores e agrônomos, fornecendo informações práticas sobre a rentabilidade e a eficiência de diferentes fontes de nitrogênio no milho safrinha. Ademais, o estudo busca enriquecer o conhecimento científico na área de manejo de nutrientes, ao evidenciar como diferentes fontes e doses de nitrogênio

afetam parâmetros produtivos críticos, como produtividade, qualidade do grão e vigor das plantas. Com isso, pretende-se promover um avanço nas práticas de manejo que possibilitem a máxima produtividade com o uso racional de insumos, beneficiando tanto a economia dos produtores quanto a sustentabilidade da produção agrícola em larga escala.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito de diferentes fontes e doses de adubação nitrogenada em cobertura sobre o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho safrinha.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Analisar o impacto de distintas fontes de adubação nitrogenada em cobertura no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho safrinha, identificando as variações promovidas na cultura.

b) Quantificar a produtividade de grãos do milho safrinha submetido a diferentes fontes e doses de adubação nitrogenada, avaliando parâmetros como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de fileiras de grãos por espiga, número de espigas por planta, produtividade em kg/ha e peso de mil grãos.

c) Comparar a eficácia das diferentes fontes de adubação nitrogenada em cobertura, com foco em determinar as práticas de manejo mais eficientes para o aumento da produtividade e qualidade dos grãos de milho safrinha.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 MILHO

O milho (*Zea mays*) faz parte da família Poaceae e do gênero *Zea*, é uma das culturas mais antigas em todo o mundo e mais significativa em termos comerciais, que tem sua origem no continente americano. Evidências de escavações arqueológicas e geológicas indicam que o milho vem sendo cultivado há pelo menos cinco mil anos (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021). Desde a década de 80, a produção de milho no Brasil tem registrado um notável aumento, consolidando-se como um dos cereais de maior relevância tanto no mercado interno quanto no cenário global (NASCIMENTO; CARDOSO, 2020).

No Brasil, durante os anos agrícolas de 2021/22, a superfície cultivada com milho abrangeu aproximadamente 21,58 milhões de hectares, resultando em uma produção total de cerca de 113,11 milhões de toneladas (CONAB, 2022). A elevada produção de milho é atribuída à sua significativa relevância na alimentação da população mundial, na fabricação de rações para animais e na produção de etanol, além das mais de 3.500 outras possibilidades de aplicações do milho direta e indiretamente (ANJORIN et al., 2022; MÔRO; FRISTCHE-NETO, 2017).

O milho é plantado em duas safras distintas: a primeira no inverno, conhecida como “safrinha” e a segunda é a safra de verão. O método de plantio direto é amplamente empregado para reduzir custos e preservar a saúde do solo. É importante destacar que a produtividade do milho safrinha é geralmente menor em comparação com o milho de verão, devido às limitações relacionadas à diminuição da disponibilidade de água pela redução das chuvas, menor radiação solar e temperaturas mais baixas (CUNHA et al., 2019).

Essa cultura demanda condições específicas de temperatura, luz e umidade para garantir uma alta produtividade; seu ciclo de crescimento varia de 110 a 180 dias, dependendo das características dos genótipos, que podem ser superprecoce, precoce e tardio; possui um sistema radicular fasciculado que pode alcançar até 3 metros de comprimento, mas a maioria das raízes está concentrada nos primeiros 30 cm de profundidade; os grãos de milho são principalmente compostos por amido, e a

propagação da cultura é feita por meio de sementes (REZENDE; FABRINI; SILVA, 2020).

Quando as plantas de milho atingem cerca de cinco folhas expandidas é determinado o número de espigas por planta. Por outro lado, o número de fileiras por espiga é estabelecido quando a planta alcança de oito a doze folhas expandidas, o que geralmente ocorre por volta de trinta dias após a emergência da plântula (REZENDE; FABRINI; SILVA, 2020).

As variedades de milho são classificadas em várias categorias, incluindo híbridos simples, simples modificado, duplo, triplo, ou cultivares de polinização aberta (variedades). Os híbridos simples são notáveis por sua alta uniformidade e potencial produtivo, além de apresentarem uma maior consistência nas plantas e nas espigas. No entanto, devido a essas vantagens, esses híbridos também tendem a ter um custo mais elevado em relação às outras opções disponíveis. (REZENDE; FABRINI; SILVA, 2020).

Os estádios fenológicos de uma planta de milho são: vegetativo (V) e reprodutivo (R), subdivididos em: VE - Emergência; V1 - Uma folha desenvolvida; V2 - Duas folhas desenvolvidas; V3 - Três folhas desenvolvidas; V4 - Quatro folhas desenvolvidas; Vn - n folhas desenvolvidas; VT - Pendoamento; R1 - Embonecamento; R2 - Bolha d'água; R3 - Grão Leitoso; R4 - Grão Pastoso; R5 - Formação de dente; R6 - Maturidade Fisiológica (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Novas tecnologias estão surgindo para aprimorar a produção de milho, devido à grande demanda, incluindo avanços na aplicação de fertilizantes, irrigação, uso de defensivos, adoção de materiais transgênicos, entre outros. Os fatores que mais influenciam na produção de milho incluem o clima, a qualidade das sementes, a fertilidade do solo e a nutrição da planta, sendo a nutrição da planta a responsável pela maior redução na produtividade no Brasil (DOS SANTOS et al., 2018).

4.2 NITROGÊNIO NO SOLO

Cerca de 98% do nitrogênio (N) presente no solo existe na forma orgânica, enquanto os restantes 2% estão na forma inorgânica, especificamente como amônio (NH_4^+) e/ou nitrato (NO_3^-), que estão prontamente disponíveis. Essas formas inorgânicas são geradas por meio do processo de mineralização durante o cultivo, resultante da hidrólise enzimática promovida pela atividade microbiana no solo ou

através da aplicação de fertilizantes nitrogenados (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011).

Uma outra característica notável do N no solo é sua sensibilidade às práticas de manejo adotadas. Observa-se que durante a fase inicial da implementação do sistema de plantio direto, há uma maior necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados. Isso ocorre devido ao processo de imobilização do N pela biomassa microbiana do solo, que é induzido pelo aumento da atividade microbiana e pelos baixos teores de matéria orgânica no solo (CORDEIRO; HOEK, 2007).

No entanto, ao longo do tempo, ocorre um restabelecimento do equilíbrio nas transformações que ocorrem no solo, devido à deposição e ao acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, a ausência de incorporação desses resíduos no solo contribui para a redução das perdas de microrganismos por erosão e mineralização microbiológica (CORDEIRO; HOEK, 2007).

Como consequência do aumento do teor de microrganismos há elevação do teor de carbono orgânico, e com isso a atividade microbiana é estimulada, resultando em produtos que atuam na formação e estabilização dos agregados, aumento da capacidade de troca catiônica e de nutrientes no solo, especialmente o N, constituindo assim o principal reservatório deste nutriente para as culturas em sistema de plantio direto (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011).

4.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA E A CULTURA DO MILHO

O N é um dos nutrientes mais demandados pelo milho e requer quantidades substanciais que geralmente não podem ser fornecidas apenas pelo solo, tornando necessário o uso de fontes suplementares e exercendo assim, um impacto direto na produtividade de grãos, custo de produção e exigindo cuidados especiais na tomada de decisão em relação à dose, fonte e método de aplicação desse nutriente (COELHO, 2006).

O nitrogênio desempenha um papel de fundamental importância na nutrição das plantas, pois faz parte da composição das proteínas e da clorofila, interferindo diretamente na fotossíntese das plantas (MENEGUINI et al., 2020). A aplicação de N durante o estágio inicial do desenvolvimento da cultura de milho é de extrema importância, devido à carência desse nutriente no solo. Uma alternativa que contribui para a manutenção e redução das perdas por lixiviação é a cobertura do solo com

palhada, tornando o sistema de plantio direto uma escolha comum para o cultivo de milho (KAPPES et al., 2013).

Os sintomas primários de deficiência de nitrogênio nas plantas geralmente surgem nas folhas mais antigas e, em casos mais graves, podem se estender para as folhas mais jovens. Plantas com deficiência de N apresentam sinais característicos, incluindo redução na área foliar, maior susceptibilidade a pragas e infestações de insetos, além de um menor porte das plantas (SANTOS; VELHO; FREITAS, 2020).

É importante saber sobre o momento de absorção dos minerais, especialmente do nitrogênio, ao longo do crescimento da planta, definindo assim a melhor forma e época de aplicação e as perdas ocorridas devido à lixiviação. A maior demanda por N nas plantas ocorre nos estágios vegetativos V4 e V6, pois essas fases determinam o potencial produtivo da planta, impactando diretamente a produtividade da cultura (BARROS et al., 2016).

As orientações para a adubação nitrogenada em cobertura são estabelecidas considerando curvas de resposta, o histórico da área de cultivo e a produtividade almejada. De modo geral, as recomendações para adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho de sequeiro variam entre 60 e 100 kg de N/ha. Essas recomendações podem ser ajustadas conforme as características específicas do solo, as condições climáticas regionais e as práticas agrícolas locais, com o objetivo de otimizar a produtividade e a eficiência no uso de fertilizantes (COELHO, 2006).

De acordo com Filho (2022), aprimoramentos no manejo da adubação nitrogenada são fundamentais para aumentar a produtividade, lucratividade e sustentabilidade dos sistemas de produção de milho.

4.4 ADUBOS NITROGENADOS

Para mitigar a queda natural de produtividade geralmente observada durante a safrinha, é essencial implementar um manejo adequado da adubação nitrogenada. Isso é necessário para complementar a quantidade de nitrogênio (N) disponível no solo, garantindo uma maior absorção pelas plantas. Esse ajuste na adubação nitrogenada é fundamental para manter e até mesmo aumentar a produtividade da cultura de milho nesse período específico de cultivo (DEON, 2019). Neste contexto, o estudo de fontes nitrogenadas para o milho assume grande importância, uma vez que

estes fertilizantes têm comportamento diferenciado quando aplicados ao solo, especialmente no que se refere às perdas de N.

Entre os fertilizantes nitrogenados mais amplamente empregados no Brasil, a ureia se destaca como a escolha mais frequente para adubação. Isso se deve à sua alta concentração de nitrogênio, que corresponde a aproximadamente 45% do seu conteúdo, e também ao fato de ser uma opção mais econômica em termos de custo por unidade de nutriente aplicado (DEON, 2019; PRIMAVESI, 2021).

A ureia é um produto sintético resultante da combinação de dióxido de carbono (CO_2) e amônia (NH_3) em laboratório, com a fórmula química $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Para que seu N seja disponibilizado às plantas a ureia precisa passar por um processo de transformação, conhecido como hidrólise. Durante esse processo, o N pode ser perdido pela volatilização, na qual o N é liberado na forma de amônia (NH_4^+), por lixiviação no perfil do solo, especialmente em solos mais arenosos (LACERDA et al., 2018), por reações de nitrificação e desnitrificação, nas quais o N pode ser perdido na forma de nitrato (NO_3^-) ou nitrogênio elementar (N_2), respectivamente (CANCIAN, 2018), representando desafios significativos na gestão da adubação nitrogenada na agricultura.

Indústrias de fertilizantes e instituições de pesquisa estão trabalhando no desenvolvimento de alternativas para reduzir as consideráveis perdas de N devido à volatilização. Uma dessas alternativas de destaque é o adubo nitrogenado protegido de liberação progressiva, que é produzida encapsulando a ureia com polímeros orgânicos ou minerais. Os polímeros desempenham um papel essencial ao criar condições controladas e podem ser formulados para coordenar a liberação do nitrogênio de acordo com as necessidades nutricionais da cultura ao longo de todo o período de crescimento da planta (DA COSTA et al., 2020).

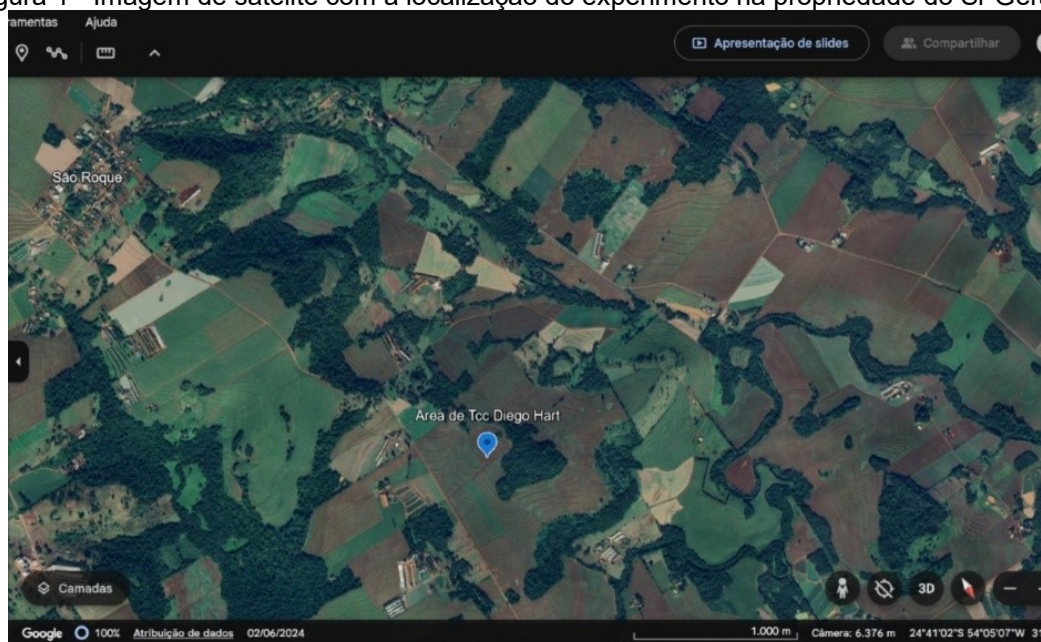
A utilização de fertilizantes revestidos tem como objetivo preservar os nutrientes, minimizando as perdas naturais associadas à adubação convencional. Em diversos estudos, a encapsulação dos nutrientes tem se revelado de grande relevância do ponto de vista econômico, uma vez que se espera que a aplicação desses fertilizantes reduza a quantidade necessária. Isso ocorre porque os nutrientes são liberados de maneira gradual, resultando em uma maior eficiência na absorção (DA SIVA et al, 2019).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA, LOCAL DE ESTUDO E EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na área do Sr Geraldo Jaskowiak (Figura 1), na cidade de Marechal Candido Rondon, Paraná, localizada na região oeste do estado, nas coordenadas geográficas 24°41'03"S 54°05'11"W com altitude média de 320m ao nível do mar.

Figura 1 - Imagem de satélite com a localização do experimento na propriedade do Sr Geraldo



Fonte: Google Earth, 2024.

O clima da região é classificado conforme a classificação de Köppen para o zoneamento climático, como Cfa (clima subtropical com verão quente) (IAPAR, 2019). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa.

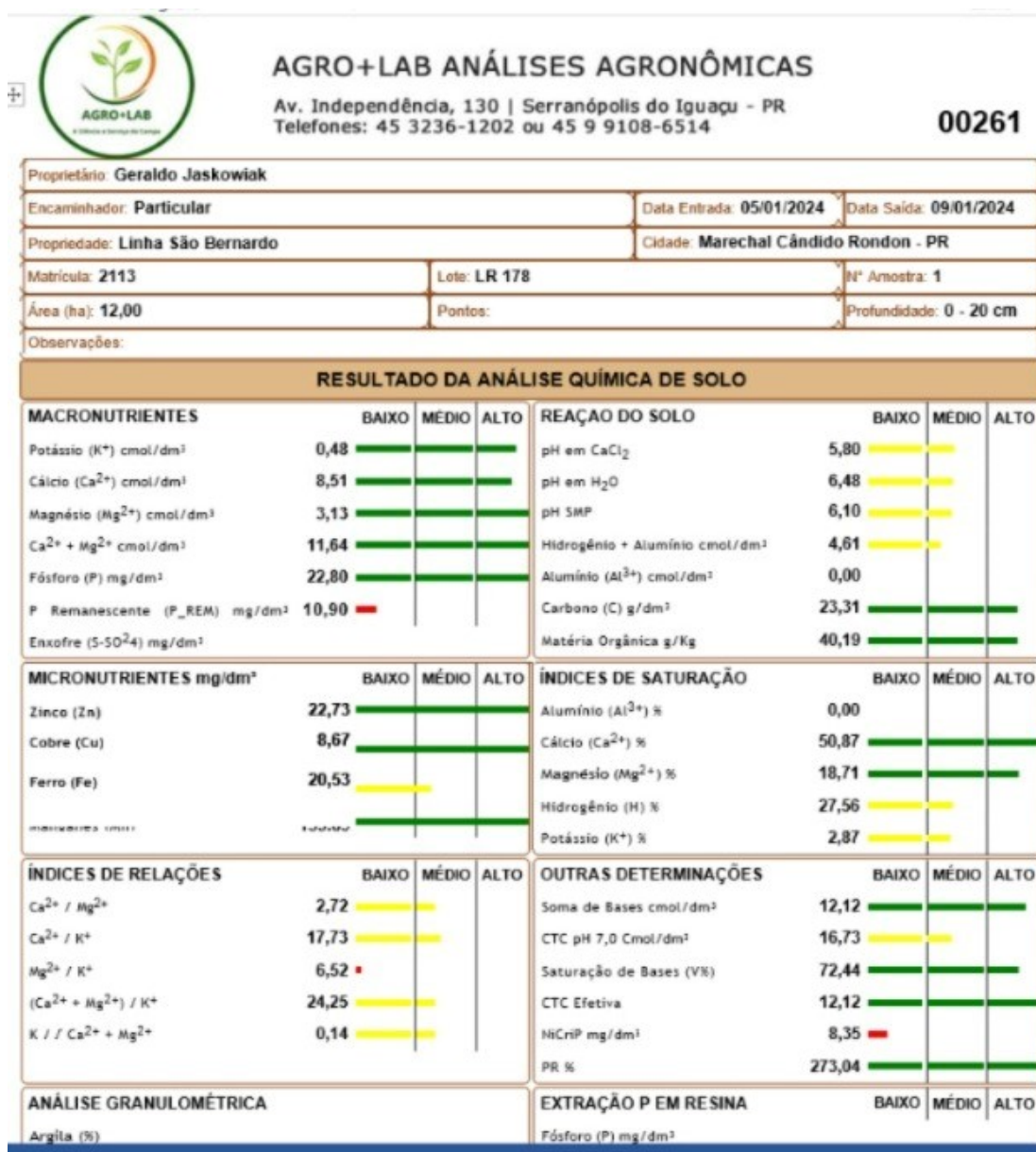
A precipitação pluviométrica durante o período de desenvolvimento da cultura foi de: Janeiro: 216 mm; Fevereiro: 99 mm; Março: 37mm; Abril: 158 mm; Maio:160 mm; Junho: 05 mm; com um total de 675 mm durante todo o ciclo da cultura. (COPAGRIL, 2024).

5.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

5.2.1 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Foi realizada a análise do solo para caracterização química antes da semeadura. As amostras foram coletadas com o uso de um trado em 4 pontos diferentes formando uma amostra composta, atingindo a profundidade de 0 a 20 cm. Todas as análises foram conduzidas via LABAGRO (Laboratório de Análises Agronômicas) (Figura 2) garantindo uma avaliação abrangente das propriedades do solo antes do início do experimento.

Figura 2 – Análise química referente a área do experimento



Fonte: LabAgro, 2024.

Nesta profundidade de 0-20 cm o solo caracterizou-se como: pH (H₂O) 6,48; p (mg dm³) 22,8; k (mg dm³) 0,48; ca (cmol dm³) 11,64; mg (cmol dm³) 3,13; al (cmol dm³) 0,00; h+al (cmol dm³) 4,61; t (cmol dm³) 6,57; v (%) 72,44; mo (g/kg) 40,19; sb (cmol dm⁻³) 12,12. As análises de solo foram realizadas segundo método descrito pela Embrapa (2009).

5.2.2 SEMEADURA

O híbrido de milho utilizado foi BREVANT B2702 VYHR com tratamento industrial de clorantraniliprole + clotianidina nas doses de 70 ml + 50 ml para 60 mil sementes. O plantio ocorreu no dia 22 de janeiro de 2024 utilizando uma plantadeira mecanizada de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,50cm, sendo distribuídas 3 sementes por metro linear, numa representatividade de 60.000 plantas por hectare.

O experimento foi composto por 20 parcelas experimentais, cada parcela possuía 5 linhas de milho, cada uma com 2 metros de comprimento, totalizando uma área de 96 m².

5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento em blocos casualizados, com 20 parcelas experimentais e um esquema fatorial composto por 5 tratamentos, cada um com 4 repetições, conforme descrito abaixo:

Controle (T);

Uma dose de ureia convencional (UC1);

Duas doses de ureia convencional (UC2);

Uma dose de ureia protegida (UP1);

Duas doses de ureia protegida (UP2).

As aplicações de ureia convencional e ureia protegida foram realizadas de forma manual e a lanço, após a semeadura. As doses de UC1 e UP1 consistiram na aplicação de 60 kg de N/ha, efetuada na fase fenológica V4 do milho. Já as doses de UC2 e UP2 também foram de 60 kg de N/ha, porém aplicadas em duas fases: V4 e V8 do milho (Figura 3).

Figura 3 – Aplicações de ureia comum e protegida nos estágios V4 e V8



Fonte: Autor, 2024.

5.4 TRATOS CULTURAIS

No plantio foi realizada a adubação de base com o formulado NPK 13-13-10 na dose de 500 kg/ha de acordo com o manual de adubação e calagem descritos para o Estado do Paraná (SBCS, 2017).

O estande de plantas avaliadas após emergência do milho (Figura 4) foi de 2,75 plantas/m² com uma população final de 55.000 plantas/ha.

Figura 4 – Avaliação após emergência do milho na área do experimento



Fonte: Autor, 2024.

O controle das pragas foi realizado homoganeamente para todos os tratamentos. No controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) foi utilizado Lambda-Cialotrina na dosagem de 0,800ml/ha no estágio V2, em V4 foi utilizado Acefato na dosagem de 1000g/ha, em V7 foi utilizado Lambda-Cialotrina na dosagem de 0,800ml/ha.

No controle do percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) foi utilizado Tiametoxam + Lambda Cialotrina na dosagem de 0,250ml/ha.

Para o controle preventivo da ferrugem foi utilizado Azoxistribina na dosagem de 0,200g/ha no estágio V8, todos os tratos culturais com aplicação via autopropelido.

5.5 ANÁLISES

Para a avaliação das plantas foram escolhidas 5 plantas ao acaso das linhas centrais de cada tratamento.

As variáveis analisadas foram a altura de plantas (AP), o diâmetro do colmo (DC), o número de espigas por planta (NEP), o número de fileiras de grãos por espiga (NFE), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade/kg/ha (PROD).

5.5.1 ALTURA DE PLANTAS (AP)

A avaliação da AP foi realizada através de medição com fita métrica graduada em centímetros na fase de pendoamento do milho, do primeiro entrenó até o final do pendão da inflorescência masculina.

5.5.2 DIÂMETRO DE COLMO (DC)

Na avaliação do DC (Figura 5) foi utilizado um paquímetro graduado em centímetros, considerando o segundo entrenó a partir da superfície do solo de cada planta, escolhendo-se 5 plantas ao acaso das linhas centrais de cada tratamento.

Figura 5 – Avaliação de diâmetro de colmo no milho



Fonte: Autor, 2024.

5.5.3 NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTAS (NEP) E NÚMERO DE FILEIRAS DE GRÃOS POR ESPIGA (NFE)

Para contabilizar essas variáveis foram utilizadas 5 plantas ao acaso das linhas centrais de cada tratamento, com espigas viáveis, sendo realizado o cálculo para obter a média de NEP e para o NFE foi dividida a espiga ao meio e realizado a contagem manual dos grãos, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Contagem manual de NFE



Fonte: Autor, 2024.

5.5.4 PESO DE MIL GRÃOS (PMG)

Para obter a massa média de mil grãos foram retirados ao acaso 1000 grãos de milho de 5 plantas das linhas centrais de cada tratamento, pesados em uma balança de precisão conforme Figura 7.

Figura 7– Avaliação de massa de grãos de milho



Fonte: Autor, 2024.

5.5.5 PRODUTIVIDADE/KG/HA (PROD)

Após a maturação fisiológica dos grãos, foi realizada a colheita manual das espigas no dia 29 de junho de 2024, debulhadas manualmente, em seguida realizada a pesagem dos grãos em balança aferida pelo INMETRO e feito a média da massa de grãos e multiplicado pela quantidade de população de plantas por ha (Figura 8) e realizada a medição do teor de umidade em aparelhos certificados GEHAKA (Figura 9), sendo ajustado o teor de desconto para 14%.

Figura 8 – Pesagem dos grãos de milho



Fonte: Autor, 2024.

Figura 9 – Medição do teor de umidade



Fonte: Autor, 2024.

5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após tabulados os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa estatístico SISVAR.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos, conforme apresentado na Tabela 1, indica que os diferentes tratamentos influenciaram significativamente no desenvolvimento e produtividade das plantas de milho. Foram observadas variações nas alturas das plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de espigas por planta (NEP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). Essas diferenças, ainda que moderadas em alguns parâmetros, corroboram a literatura existente sobre o manejo e o impacto de diferentes tratamentos no cultivo de milho.

Tabela 1 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), número de fileira de grãos por espiga (NFE), número de espigas por planta (NEP), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade (PROD) do milho, com diferentes formas e doses de aplicação do nitrogênio

TRATAMENTOS	AP	DC	NFE	NEP	PMG	PROD
	m				g	Kg/ha
T	1,75 b	1,89 b	14,5 a	1,25 b	264,5 c	5266,25 b
UC1	1,80 a	1,94 ab	15,0 a	1,70 a	268,25 bc	5961,25 a
UC2	1,82 a	1,93 ab	15,0 a	1,50 ab	271,5 b	6171,75 a
UP1	1,81 a	1,90 ab	15,0 a	1,55 ab	274,5 b	6208,75 a
UP2	1,84 a	1,99 a	15,5 a	1,70 a	281,5 a	6105,75 a
CV (%)	1,21	2,4	5,31	12,93	1,03	4,4

*Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A altura das plantas (AP) é um parâmetro que reflete o desenvolvimento vegetativo do milho, com variações observadas entre 1,75 cm no grupo T e 1,84 cm no UP2. Os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 apresentaram alturas significativamente superior ao T, indicando que os fatores ambientais e de manejo, com disponibilidade de nutrientes como o nitrogênio, foram mais eficazes nessas condições.

Segundo Kappes et al., (2013), o crescimento das plantas é diretamente influenciado pela capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes do solo. Quando esses elementos estão adequadamente disponíveis, o desenvolvimento vegetativo é otimizado, refletindo-se em alturas superiores, que representam um dos primeiros indicadores de vigor vegetativo. A maior altura observada nos tratamentos

UC1, UC2, UP1 e UP2 pode ser atribuída a uma nutrição equilibrada, que facilitou a expansão do sistema radicular e, conseqüentemente, melhorou a absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio e potássio.

Além disso, a altura das plantas é um indicativo fundamental da adaptação do milho ao ambiente de cultivo. Plantas mais altas geralmente possuem uma área foliar mais ampla, o que aumenta a capacidade de interceptação da luz solar e, portanto, otimiza o processo fotossintético (SCHLICHTING, 2017). A elevação na altura nos tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 sugere uma maior disponibilidade de energia para o crescimento e desenvolvimento, resultando em uma eficiência fotossintética superior.

Esse aspecto pode ter contribuído para a maior resistência das plantas a condições de estresse hídrico ou térmico, uma vez que plantas de maior estatura tendem a ser mais resilientes sob circunstâncias adversas. Esses achados estão em consonância com a literatura, que demonstra que o uso de fertilizantes nitrogenados, podem promover aumento significativo na altura das plantas, impactando positivamente a produtividade final da cultura (BIANCHO et al., 2022).

O aumento da altura das plantas também pode estar associado a práticas de manejo agrícola avançadas, como a aplicação de fertilizantes de liberação controlada, que asseguram uma distribuição uniforme dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura, como observado nos tratamentos UP1 e UP2. Plantas mais altas e vigorosas são tipicamente mais competitivas, ocupando eficientemente o espaço no solo e aproveitando de maneira mais eficaz os recursos disponíveis (PINTO et al., 2019). Portanto, a discrepância na altura das plantas entre os tratamentos evidencia o impacto positivo de um manejo agrícola adequado para obter o máximo potencial produtivo do milho.

O diâmetro do colmo (DC) das plantas de milho também apresentou variações significativas entre os tratamentos, com medidas que variaram de 1,89 cm no tratamento T a 1,99 cm no Tratamento UP2. A relevância do diâmetro do colmo está intrinsecamente ligada à resistência mecânica das plantas, crucial para suportar o peso dos grãos em estágios avançados de maturação.

Conforme destacado por Schlichting (2017), um colmo robusto é fundamental para a estabilidade estrutural da planta, especialmente sob alta carga produtiva, onde o risco de acamamento se torna uma preocupação. O aumento do diâmetro observado no UP2 sugere que este manejo criou um ambiente mais favorável ao

desenvolvimento do colmo, possivelmente através da otimização da disponibilidade de adubação nitrogenada de liberação progressiva, promovendo características fenotípicas desejáveis que conferem robustez.

Ademais, a resistência do colmo está estreitamente relacionada à eficiência do sistema vascular da planta, responsável pela condução de água e nutrientes. Pinto et al., (2019) enfatizam que um colmo mais largo pode ser um indicativo de um sistema vascular mais desenvolvido, resultando em uma capacidade superior de transporte de recursos essenciais para o crescimento da planta. Portanto, os dados obtidos sugerem que os tratamentos implementados, especialmente o Tratamento UP2, favoreceram não apenas o crescimento estrutural, mas também a eficiência fisiológica das plantas, resultando em um melhor desenvolvimento e conseqüentemente aumento na produtividade da cultura.

O impacto do diâmetro do colmo na produtividade final das plantas de milho não pode ser subestimado. Estudos demonstram que o acamamento, frequentemente associado a colmos fracos, pode resultar em perdas significativas na colheita, chegando a comprometer até 30% da produtividade (GOMES et al., 2010).

O número de fileiras de grãos por espiga (NFE) é um parâmetro crítico que reflete a capacidade produtiva das plantas de milho. A análise indica que os Tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 apresentaram um número médio de fileiras significativamente maior (média de 15 fileiras) em comparação ao Tratamento T, que teve apenas média de 14,5 fileiras. Esse incremento no NFE está em consonância com os estudos de Pinheiro et al., (2021), que enfatizam a importância da nutrição adequada e da umidade do solo no processo de enchimento das espigas. A disponibilidade de nutrientes essenciais e água em quantidades adequadas é fundamental para o desenvolvimento do potencial genético das variedades de milho, influenciando diretamente a formação de fileiras e, conseqüentemente, a produtividade.

Além disso, a relação entre o número de fileiras e a produtividade não deve ser subestimada, uma vez que cada fileira adicional de grãos pode resultar em um aumento substancial na quantidade total de grãos produzidos por espiga. De acordo com Santin et al., (2017), a maximização do número de fileiras por espiga é um dos fatores mais impactantes na produtividade do milho, especialmente quando as condições de cultivo são otimizadas para favorecer o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo.

O fato de os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 demonstrarem uma média superior de fileiras sugere que os manejos implementados, como a aplicação de fertilizantes, foram eficazes em proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento reprodutivo da cultura. Adicionalmente, a relevância do NFE em contextos de estresse ambiental é evidenciada pela capacidade das plantas de se adaptarem a diferentes condições de cultivo. Estudos indicam que o aumento no número de fileiras pode ser uma estratégia de resposta das plantas a limitações de recursos, como água e nutrientes, permitindo uma maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis (GOMES et al., 2010).

O número de espigas por planta (NEP) é um indicador do potencial produtivo da cultura do milho, refletindo diretamente na quantidade total de grãos que podem ser colhidos. Os dados obtidos revelaram uma variação significativa entre os tratamentos, com o tratamento controle apresentando uma média de 1,25 espigas por planta, enquanto os tratamentos UC1 e UP2 obtiveram médias superiores de 1,70 espigas por planta. A literatura aponta que o número de espigas está relacionado a fatores como a adequação de práticas de manejo, a disponibilidade de nutrientes e a irrigação adequada (SANTIN et al., 2017).

A melhoria observada nos tratamentos UC1 e UP2 sugere que a aplicação de fertilizantes criou um ambiente propício para o desenvolvimento reprodutivo das plantas. Esse efeito é particularmente relevante em sistemas de cultivo onde a disponibilidade de recursos não é limitante. O manejo adequado não apenas garante um suprimento constante de água e nutrientes, mas também otimiza as condições de luminosidade, fundamentais para a fotossíntese e, conseqüentemente, para a formação de mais espigas (SCHLICHTING, 2017).

Assim, a estratégia de manejo adotada nos tratamentos que apresentaram maior NEP pode ter sido crucial para o aumento do potencial produtivo das plantas. Além disso, a variação no NEP é um indicativo das respostas adaptativas das plantas a diferentes condições de manejo. Conforme evidenciado por Gomes et al., (2010), a capacidade das plantas de aumentar o número de espigas em resposta a práticas de manejo adequadas reflete uma estratégia de otimização da utilização de recursos. Isso se torna especialmente relevante em cenários de variabilidade climática, onde práticas sustentáveis podem fazer a diferença no rendimento final.

O peso de mil grãos (PMG) é um parâmetro utilizado na avaliação da qualidade e produtividade do milho, refletindo a capacidade das plantas de acumular massa

durante o ciclo de desenvolvimento. Os dados demonstram uma variação significativa entre os tratamentos, com o tratamento controle apresentando o menor valor de 264,5 g, enquanto o tratamento UP2 atingiu 281,5 g. Essa diferença acentuada sugere que os tratamentos que garantiram melhor disponibilidade de nitrogênio propiciaram um ambiente favorável para o enchimento dos grãos, essencial para a formação de um produto final com maior peso.

Costa et al., (2011) corroboram essa afirmação ao enfatizarem que a eficiência na assimilação de nutrientes, aliada a condições ideais de umidade, são determinantes no aumento do PMG. Adicionalmente, o aumento do PMG observado nos tratamentos UP1 e UP2 pode estar relacionado à utilização de técnicas inovadoras, como a aplicação de polímeros minerais.

A relação entre a disponibilidade hídrica, o manejo nutricional e o PMG é reforçada pela literatura, Maria et al., (2006) que aponta para a sensibilidade desse parâmetro às condições do ambiente de cultivo, dessa forma, estratégias que integrem práticas sustentáveis, como a rotação de culturas e o uso de adubos nitrogenados, podem ser exploradas para potencializar ainda mais o PMG, garantindo não apenas uma produção mais elevada, mas também a qualidade do produto final, essencial para atender à demanda do mercado e promover a segurança alimentar.

A análise da produtividade (PROD) do milho, expressa em kg/ha, revela uma diferença significativa entre os tratamentos avaliados. O tratamento controle com a menor produtividade de 5266,25 kg/ha, contrasta marcadamente com o tratamento UP1, que alcançou a maior produtividade de 6208,75 kg/ha. Essa discrepância de mais de 15% entre o tratamento controle e os demais é um indicativo claro da influência do manejo aplicado sobre o desempenho da cultura.

A produtividade é um parâmetro que reflete não apenas a capacidade de geração de biomassa, mas também a eficiência dos insumos utilizados na lavoura. Os dados corroboram a literatura que aponta que a produtividade do milho está diretamente relacionada à habilidade das plantas de otimizar a utilização de recursos, como água, nutrientes e luz solar (SCHUCH et al., 2009).

Os resultados obtidos para as variáveis complementares, como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de espigas e peso de mil grãos, corroboram as diferenças observadas na produtividade. Os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 demonstraram um desempenho superior em todas essas variáveis, sugerindo que condições de manejo mais adequadas contribuíram para um desenvolvimento

vegetativo e reprodutivo mais robusto. Essa sinergia entre os diferentes parâmetros de crescimento é fundamental, pois indica que as plantas foram capazes de explorar melhor os recursos disponíveis em seus ambientes, resultando em um aumento significativo na produtividade.

Além disso, a variação na produtividade observada entre os tratamentos pode ser atribuída à combinação eficaz de fatores como a fertilização adequada e manejo integrado de pragas e doenças. É importante ressaltar que, em um cenário de mudanças climáticas e desafios ambientais, práticas agrícolas sustentáveis que promovam a eficiência no uso de recursos se tornam cada vez mais essenciais.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os diferentes tratamentos testados influenciam significativamente o desempenho produtivo da cultura do milho. Em particular, o tratamento UP1 se destacou, apresentando os melhores resultados em produtividade (6208,75 kg/ha), peso de mil grãos (274,5 g) e número de espigas por planta (1,55). Essas métricas não apenas indicam um potencial produtivo superior, mas também sugerem que o manejo aplicado foi eficaz em proporcionar um ambiente propício ao crescimento das plantas. A superioridade dos tratamentos sobre o tratamento controle evidencia a importância da escolha de estratégias de manejo adequadas que possam otimizar a utilização de recursos, especialmente em contextos agrícolas desafiadores, como aqueles sujeitos a estresse hídrico ou a restrições nutricionais. Além disso, os achados estão alinhados com a literatura existente, como evidenciado por Schlichting (2017), que enfatizam a necessidade de práticas de manejo eficientes para aumentar a produtividade das culturas.

Portanto, este estudo não só destaca a relevância dos tratamentos testados, mas também fornece insights valiosos sobre como intervenções adicionais podem impactar o rendimento das culturas. As informações obtidas servirão como base para futuras pesquisas e práticas agrícolas, visando o aprimoramento contínuo das técnicas de cultivo e aumento da produção de milho, fundamentais para atender à demanda crescente por alimentos em um cenário de aumento populacional e escassez de recursos naturais.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que as diferentes fontes e doses de adubação nitrogenada em cobertura influenciaram de maneira significativa o desenvolvimento e a produtividade do milho safrinha. Observou-se que os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 apresentaram desempenho superior em relação ao tratamento controle nas variáveis avaliadas, como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de fileiras de grãos por espiga, número de espigas por planta, peso de mil grãos e produtividade.

O tratamento UP1, com adubação nitrogenada de liberação progressiva, destacou-se ao atingir a maior produtividade, reforçando a eficácia desse manejo em proporcionar uma nutrição mais equilibrada e contínua para a planta ao longo de seu ciclo. Esses resultados corroboram com a literatura científica, que enfatiza a importância de uma adubação adequada e de liberação controlada para otimizar o aproveitamento de nutrientes e maximizar o rendimento das culturas.

Assim, o estudo reforça a relevância de práticas de manejo bem planejadas e adaptadas às necessidades do milho safrinha, as quais podem impactar positivamente a produtividade e contribuir para o desenvolvimento sustentável da agricultura, oferecendo aos produtores uma base confiável para a escolha das fontes e doses de adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS

- ABRAMILHO. Milho: o grão que revoluciona o Brasil. ABRAMILHO, 2023. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/2023/04/20/1o-congresso-abramilho-vai-reunir-especialistas-e-autoridades-para-debater-futuro-do-milho-brasileiro/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20diretor,milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20para%20exporta%C3%A7%C3%A3o.> Acesso em: 15 ago. 2023.
- ANJORIN, F. B. et al. Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) infestation: maize yield depression and physiological basis of tolerance. **Journal of Plant Protection Research**. v. 62, n. 1, p.12-21, 2022.
- BARROS, I. de. et al. Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho na Transição Zona da Mata - Agreste de Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.
- BARROS, I. de. et al. Recomendações de Nitrogênio para a Cultura do Milho nos Tabuleiros Costeiros: Desempenho Produtivo e Econômico. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.
- BIANCHO, L. E. et al. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada em cultivo de milho safrinha. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, Santa Fé do Sul, São Paulo, v. 11, n. 13, p. 1–15, 2022.
- CAIRES, E. F; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**. v. 75, n. 1, p.87-95, 2016.
- CANCIAN, A. **Potencial de mitigação de perdas de nitrogênio com o uso de fertilizantes estabilizados em milho no sul do Brasil**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Agronomia, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- CASSMAN, K. G., DOBERMANN, A., WALTERS, D. T., YANG, H. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 2002, p. 315–358.
- COELHO, A.M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.
- CORDEIRO, L.A.M.; HOEK, J.B.V.D. Nitrogênio na cultura do milho sob sistema plantio direto. **Revista Factuciência**, v.13, p.27-54, 2007.
- CONAB 2022: **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos - Safra 2022/23**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 09 set. 2023
- COPAGRIL. Chuvas. Copagril, 2024. Disponível em: <https://www.copagril.com.br/control-de-chuvas>. Acesso em: 06 set. 2024.

COSTA, M. S. S. DE M. et al. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Ceres**, v. 58, p. 249–255, 1 abr. 2011.

CUNHA, B. A. et al. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 4, p.424-427, 2019.

DA COSTA, A. C. R. et al. Efeito de fontes nitrogenadas protegidas e de solução concentrada em adubação de cobertura em milho. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 2, p. 36–45, 2020.

DA SIVA, W. W. et al. Avaliação de adubos protegidos na produtividade do milho. **Humanidades & tecnologia em revista (FINOM)**, v. 18, n. 1, p. 7–16, 2019.

DEON, W. V. M. **Adubação nitrogenada no milho segunda safra no sudoeste do Mato Grosso do Sul**. Curitiba: Acervo digital da Universidade Federal do Paraná, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/64161>. Acesso em: 09 set. 2023.

DOS SANTOS, S. L. L. et al. Milho (*Zea mays*) para forragem: métodos de manejo de plantas daninhas e níveis de adubação. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 32-50, 2018.

DUARTE, J. O; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Importância socioeconômica**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importanciasocioeconomica>. Acesso em: 07 set. 2023.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

EMBRAPA. Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. EMBRAPA, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>. Acesso em: 12 ago. 2023.

FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88, 2005, p. 97–185.

FAO. O estado da alimentação e agricultura 2021. Roma: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2021.

FILHO, I. A. P. **Cultivares de milho para safra 2022/2023**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022.

FONTANIVE, D. E. et al. Produtividade de milho crioulo em três anos agrícolas, cultivado em sistema de baixa tecnologia no Noroeste do Rio Grande do Sul. In: *Salão integrado de ensino, pesquisa e extensão*, 9, 2019.

GOMES, L.S. et al. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.2, p.140-145, fev. 2010.

GOYAL, R. K.; SCHMIDT, M. A.; HYNES, M. F. Molecular biology in the improvement of biological nitrogen fixation by rhizobia and extending the scope to cereals. **Microorganisms**. v. 9, n. 1, p.125, 2021.

IAPAR. Atlas climático do estado do Paraná. Londrina-PR: Instituto Agrônomo do Paraná-IAPAR, 2019.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p.1310-1321, 2013.

LACERDA, C. F. et al. Evidence of nitrogen and potassium losses in soil columns cultivated with maize under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 553-557, 2018.

LADHA, J. K.; PATHAK, H.; KRUPNIK, T. J.; SIX, J.; VAN KESSEL, C. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*, 87, 2005, p. 85–156.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

MARIA et al. Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 629–638, 1 set. 2006.

MENEGUINI, L. A. et al. Fontes e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho segunda safra. **Revista cultivando o saber**, v. 13, n. 1, p.1-8, 2020.

MÔRO, G.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Importância e usos do milho no Brasil**. Milho: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2017.

NASCIMENTO, L. M.; CARDOSO, R. L. **Efeito do nitrogênio no milho**. Anápolis: Acervo digital do Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica, 2020. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/17127/1/Ruan%20Almeida.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.226–244, 2011.

PINHEIRO, L. DA S. et al. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e8010110832, 3 jan. 2021.

PINTO, D.A.; KRENSKI, A.; MEERT, L.; CHITOLINA, M.P.; BORGHI, W.A; Características agrônomicas de milho em função de diferentes espaçamentos entre

linhas de semeadura. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.12, n.1, p.79-85, Jan-Abr, 2019.

PRIMAVESI, A. M. O Problema do nitrogênio no solo. Biblioteca de Obras Raras Fausto Castilho – Unicamp, 2021. Disponível em: <https://anamariaprimavesi.com.br/2019/06/19/o-problema-no-nitrogenio-do-solo/>. Acesso em: 08 set. 2023.

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91(3), 1999, p. 357–363.

REZENDE, C. F. A.; FABRINI, D. F.; SILVA, M. C.P. **Desenvolvimento e produtividade do milho submetido ao parcelamento do nitrogênio em cobertura**. Anápolis: Acervo digital do Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica, 2020. Disponível em: <http://45.4.96.19/bitstream/aee/17121/1/TCC%20Daniela%20e%20Maria%20Claudia%20-%20Final.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.

SANTIN, A.G. et al. Efeito da adubação nitrogenada e do espaçamento entre linhas sobre a silagem de milho. **Unoesc & Ciência - ACET**, v. 8, n. 1, p. 45–52, 2017.

SANTOS, A. T.; VELHO, A. E.; FREITAS, T.S. Impactos do uso de nitrogênio nas plantas e suas fontes. ILSA, 2020. Disponível em: <https://ilsabrasil.com.br/impactos-do-uso-de-nitrogenio-nas-plantas-e-suas-fontes/>. Acesso em: 09 set. 2023.

SCHLICHTING, A.F. Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, 2017.

SCHUCH, L.O B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.144-149, 2009.

SEGS. A importância da nutrição das plantas: produtividade e qualidade. UNESP, 2017. Disponível em: <https://www2.unesp.br/portal#!/noticia/28018/a-importancia-da-nutricao-das-plantas-produtividade-e-qualidade/>. Acesso em: 12 ago. 2023.

SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L.; FIXEN, P. E. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 133(3–4), 2009, p. 247–266.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - SBCS. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Núcleo Estadual Paraná – Curitiba: SBCS/NEPAR, 482p.: il, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

APÊNDICE A – RESUMO PESQUISA E EXTENSÃO

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Diego André Hart¹; Fábio Corbari²

ÁREA TEMÁTICA: Ciências Agrárias
MODALIDADE: Pesquisa Científica

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de aumentar a produtividade agrícola de forma sustentável, tem colocado os nutrientes essenciais das plantas no centro das atenções dos pesquisadores e produtores agrícolas, dentre elas na cultura do milho (SEGS, 2017).

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura agrícola amplamente cultivada e de grande importância econômica em todo o mundo (FONTANIVE et al., 2019). A expansão da área cultivada, o avanço tecnológico e a adaptação às diferentes regiões do país contribuíram significativamente para o sucesso da produção de milho no Brasil, se destacando na produção mundial, cultivando cerca de 120 a 130 milhões de toneladas de milho por ano, com uma sobra de quase 50 milhões de toneladas para exportação, fortalecendo assim a economia do país, gerando receita e promovendo o desenvolvimento econômico (ABRAMILHO, 2023).

O nitrogênio desempenha um papel crucial em diversas funções fisiológicas do milho, como a síntese de proteínas, enzimas e clorofila, a insuficiência de nitrogênio pode resultar em crescimento reduzido, folhas amareladas e menor rendimento (GOYAL; SCHMIDT E HYNES, 2021).

Como o milho demanda uma quantidade substancial de nitrogênio ao longo de seu ciclo é essencial que o solo disponibilize esse nutriente em quantidades apropriadas e as recomendações para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada (CAIRES E MILLA, 2016).

A eficácia da adubação está relacionada à escolha das fontes de nitrogênio, uma vez que diferentes compostos nitrogenados, como ureia e fertilizante nitrogenado de liberação progressiva, podem liberar e tornar-se disponíveis para as plantas em diferentes taxas. Além disso, a definição das doses adequadas de nitrogênio é crucial

para evitar excessos que levem a perdas por lixiviação ou volatilização, assim como a escassez que limita o potencial produtivo da cultura (BARROS et al., 2016).

Com base no exposto, o estudo avaliou o efeito de diferentes fontes e doses de adubação nitrogenada em cobertura no milho safrinha, quantificando a produtividade e avaliando os resultados obtidos sobre a eficácia das fontes de adubação nitrogenada em cobertura no milho segunda safra.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área do Sr Geraldo Jaskowiak, na cidade de Marechal Cândido Rondon, Paraná, localizada na região oeste do estado, nas coordenadas geográficas 24°41'03"S 54°05'11"W com altitude média de 320m ao nível do mar.

O clima da região é classificado conforme a classificação de Köppen para o zoneamento climático, como Cfa (clima subtropical com verão quente) (IAPAR, 2019). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa.

A precipitação pluviométrica durante o período de desenvolvimento da cultura foi de: Janeiro: 216 mm; Fevereiro: 99 mm; Março: 37mm; Abril: 158 mm; Maio:160 mm; Junho: 05 mm; com um total de 675 mm durante todo o ciclo da cultura. (COPAGRIL, 2024).

Foi realizada a análise do solo para caracterização química antes da semeadura. As amostras foram coletadas com o uso de um trado em 4 pontos diferentes formando uma amostra composta, atingindo a profundidade de 0 a 20 cm. Todas as análises foram conduzidas via LABAGRO (Laboratório de Análises Agronômicas) garantindo uma avaliação abrangente das propriedades do solo antes do início do experimento.

Nesta profundidade de 0-20 cm o solo caracterizou-se como: pH (H₂O) 6,48; p (mg dm³) 22,8; k (mg dm³) 0,48; ca (cmol dm³) 11,64; mg (cmol dm³) 3,13; al (cmol dm³) 0,00; h+al (cmol dm³) 4,61;t (cmol dm³) 6,57; v (%) 72,44; mo (g/kg) 40,19; sb (cmol dm⁻³) 12,12. As análises de solo foram realizadas segundo método descrito pela Embrapa (2009).

O híbrido de milho utilizado foi BREVANT B2702 VYHR com tratamento industrial de clorantraniliprole + clotianidina nas doses de 70 ml + 50 ml para 60 mil sementes. O plantio ocorreu no dia 22 de janeiro de 2024 utilizando uma plantadeira

mecanizada de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,50cm, sendo distribuídas 3 sementes por metro linear, numa representatividade de 60.000 plantas por hectare.

O experimento foi composto por 20 parcelas experimentais, cada parcela possuía 5 linhas de milho, cada uma com 2 metros de comprimento, totalizando uma área de 96 m².

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento em blocos casualizados, com 20 parcelas experimentais e um esquema fatorial composto por 5 tratamentos, cada um com 4 repetições, conforme descrito abaixo:

Controle (T);

Uma dose de ureia convencional (UC1);

Duas doses de ureia convencional (UC2);

Uma dose de ureia protegida (UP1);

Duas doses de ureia protegida (UP2).

As aplicações de ureia convencional e ureia protegida foram realizadas de forma manual e a lanço, após a semeadura. As doses de UC1 e UP1 consistiram na aplicação de 60 kg de N/ha, efetuada na fase fenológica V4 do milho. Já as doses de UC2 e UP2 também foram de 60 kg de N/ha, porém aplicadas em duas fases: V4 e V8 do milho.

No plantio foi realizada a adubação de base com o formulado NPK 13-13-10 na dose de 500 kg/ha de acordo com o manual de adubação e calagem descritos para o Estado do Paraná (SBCS, 2017).

O estande de plantas avaliadas após emergência do milho foi de 2,75 plantas/m² com uma população final de 55.000 plantas/ha.

O controle das pragas foi realizado homogeneamente para todos os tratamentos. No controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) foi utilizado Lambda-Cialotrina na dosagem de 0,800ml/ha no estágio V2, em V4 foi utilizado Acefato na dosagem de 1000g/ha, em V7 foi utilizado Lambda-Cialotrina na dosagem de 0,800ml/ha.

No controle do percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) foi utilizado Tiametoxam + Lambda Cialotrina na dosagem de 0,250ml/ha.

Para o controle preventivo da ferrugem foi utilizado Azoxistribina na dosagem de 0,200g/ha no estágio V8, todos os tratamentos culturais com aplicação via autopropelido.

Para a avaliação das plantas foram escolhidas 5 plantas ao acaso das linhas centrais de cada tratamento. As variáveis analisadas foram a altura de plantas (AP), o diâmetro do colmo (DC), o número de espigas por planta (NEP), o número de fileiras de grãos por espiga (NFE), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade/kg/ha (PROD).

A avaliação da AP foi realizada através de medição com fita métrica graduada em centímetros na fase de pendramento do milho, do primeiro entrenó até o final do pendão da inflorescência masculina.

Na avaliação do DC foi utilizado um paquímetro graduado em centímetros, considerando o segundo entrenó a partir da superfície do solo de cada planta, escolhendo-se 5 plantas ao acaso das linhas centrais de cada tratamento.

Para contabilizar NEP e NFE foram utilizadas 5 plantas ao acaso das linhas centrais de cada tratamento, com espigas viáveis, sendo realizado o cálculo para obter a média de NEP e para o NFE foi dividida a espiga ao meio e realizado a contagem manual dos grãos.

Para obter PMG foram retirados ao acaso 1000 grãos de milho de 5 plantas das linhas centrais de cada tratamento, pesados em uma balança de precisão.

Após a maturação fisiológica dos grãos, foi realizada a colheita manual das espigas no dia 29 de junho de 2024, debulhadas manualmente, em seguida realizada a pesagem dos grãos em balança aferida pelo INMETRO e feito a média da massa de grãos e multiplicado pela quantidade de população de plantas por ha e realizada a medição do teor de umidade em aparelhos certificados GEHAKA, sendo ajustado o teor de desconto para 14%.

Após tabulados os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos, conforme apresentado na Tabela 1, indica que os diferentes tratamentos influenciaram significativamente no desenvolvimento e produtividade das plantas de milho. Foram observadas variações nas alturas das plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de espigas por planta (NEP), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). Essas diferenças, ainda que moderadas em alguns parâmetros, corroboram

a literatura existente sobre o manejo e o impacto de diferentes tratamentos no cultivo de milho.

Tabela 1 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), número de fileira de grãos por espiga (NFE), número de espigas por planta (NEP), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade (PROD) do milho, com diferentes formas e doses de aplicação do nitrogênio

TRATAMENTOS	AP	DC	NFE	NEP	PMG	PROD
	m				g	Kg/ha
T	1,75 b	1,89 b	14,5 a	1,25 b	264,5 c	5266,25 b
UC1	1,80 a	1,94 ab	15,0 a	1,70 a	268,25 bc	5961,25 a
UC2	1,82 a	1,93 ab	15,0 a	1,50 ab	271,5 b	6171,75 a
UP1	1,81 a	1,90 ab	15,0 a	1,55 ab	274,5 b	6208,75 a
UP2	1,84 a	1,99 a	15,5 a	1,70 a	281,5 a	6105,75 a
CV (%)	1,21	2,4	5,31	12,93	1,03	4,4

*Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A altura das plantas (AP) é um parâmetro que reflete o desenvolvimento vegetativo do milho, com variações observadas entre 1,75 cm no grupo T e 1,84 cm no UP2. Os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 apresentaram alturas significativamente superior ao T, indicando que os fatores ambientais e de manejo, com disponibilidade de nutrientes como o nitrogênio, foram mais eficazes nessas condições.

Segundo Kappes et al., (2013), o crescimento das plantas é diretamente influenciado pela capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes do solo. Quando esses elementos estão adequadamente disponíveis, o desenvolvimento vegetativo é otimizado, refletindo-se em alturas superiores, que representam um dos primeiros indicadores de vigor vegetativo. A maior altura observada nos tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 pode ser atribuída a uma nutrição equilibrada, que facilitou a expansão do sistema radicular e, conseqüentemente, melhorou a absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio e potássio.

Além disso, a altura das plantas é um indicativo fundamental da adaptação do milho ao ambiente de cultivo. Plantas mais altas geralmente possuem uma área foliar mais ampla, o que aumenta a capacidade de interceptação da luz solar e, portanto, otimiza o processo fotossintético (SCHLICHTING, 2017). A elevação na altura nos tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 sugere uma maior disponibilidade de energia para

o crescimento e desenvolvimento, resultando em uma eficiência fotossintética superior.

Esse aspecto pode ter contribuído para a maior resistência das plantas a condições de estresse hídrico ou térmico, uma vez que plantas de maior estatura tendem a ser mais resilientes sob circunstâncias adversas. Esses achados estão em consonância com a literatura, que demonstra que o uso de fertilizantes nitrogenados, podem promover aumento significativo na altura das plantas, impactando positivamente a produtividade final da cultura (BIANCHO et al., 2022).

O aumento da altura das plantas também pode estar associado a práticas de manejo agrícola avançadas, como a aplicação de fertilizantes de liberação controlada, que asseguram uma distribuição uniforme dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura, como observado nos tratamentos UP1 e UP2. Plantas mais altas e vigorosas são tipicamente mais competitivas, ocupando eficientemente o espaço no solo e aproveitando de maneira mais eficaz os recursos disponíveis (PINTO et al., 2019). Portanto, a discrepância na altura das plantas entre os tratamentos evidencia o impacto positivo de um manejo agrícola adequado para obter o máximo potencial produtivo do milho.

O diâmetro do colmo (DC) das plantas de milho também apresentou variações significativas entre os tratamentos, com medidas que variaram de 1,89 cm no tratamento T a 1,99 cm no Tratamento UP2. A relevância do diâmetro do colmo está intrinsicamente ligada à resistência mecânica das plantas, crucial para suportar o peso dos grãos em estágios avançados de maturação.

Conforme destacado por Schlichting (2017), um colmo robusto é fundamental para a estabilidade estrutural da planta, especialmente sob alta carga produtiva, onde o risco de acamamento se torna uma preocupação. O aumento do diâmetro observado no UP2 sugere que este manejo criou um ambiente mais favorável ao desenvolvimento do colmo, possivelmente através da otimização da disponibilidade de adubação nitrogenada de liberação progressiva, promovendo características fenotípicas desejáveis que conferem robustez.

Ademais, a resistência do colmo está estreitamente relacionada à eficiência do sistema vascular da planta, responsável pela condução de água e nutrientes. Pinto et al., (2019) enfatizam que um colmo mais largo pode ser um indicativo de um sistema vascular mais desenvolvido, resultando em uma capacidade superior de transporte de recursos essenciais para o crescimento da planta. Portanto, os dados obtidos

sugerem que os tratamentos implementados, especialmente o Tratamento UP2, favoreceram não apenas o crescimento estrutural, mas também a eficiência fisiológica das plantas, resultando em um melhor desenvolvimento e conseqüentemente aumento na produtividade da cultura.

O impacto do diâmetro do colmo na produtividade final das plantas de milho não pode ser subestimado. Estudos demonstram que o acamamento, frequentemente associado a colmos fracos, pode resultar em perdas significativas na colheita, chegando a comprometer até 30% da produtividade (GOMES et al., 2010).

O número de fileiras de grãos por espiga (NFE) é um parâmetro crítico que reflete a capacidade produtiva das plantas de milho. A análise indica que os Tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 apresentaram um número médio de fileiras significativamente maior (média de 15 fileiras) em comparação ao Tratamento T, que teve apenas média de 14,5 fileiras. Esse incremento no NFE está em consonância com os estudos de Pinheiro et al., (2021), que enfatizam a importância da nutrição adequada e da umidade do solo no processo de enchimento das espigas. A disponibilidade de nutrientes essenciais e água em quantidades adequadas é fundamental para o desenvolvimento do potencial genético das variedades de milho, influenciando diretamente a formação de fileiras e, conseqüentemente, a produtividade.

Além disso, a relação entre o número de fileiras e a produtividade não deve ser subestimada, uma vez que cada fileira adicional de grãos pode resultar em um aumento substancial na quantidade total de grãos produzidos por espiga. De acordo com Santin et al., (2017), a maximização do número de fileiras por espiga é um dos fatores mais impactantes na produtividade do milho, especialmente quando as condições de cultivo são otimizadas para favorecer o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo.

O fato de os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 demonstrarem uma média superior de fileiras sugere que os manejos implementados, como a aplicação de fertilizantes, foram eficazes em proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento reprodutivo da cultura. Adicionalmente, a relevância do NFE em contextos de estresse ambiental é evidenciada pela capacidade das plantas de se adaptarem a diferentes condições de cultivo. Estudos indicam que o aumento no número de fileiras pode ser uma estratégia de resposta das plantas a limitações de

recursos, como água e nutrientes, permitindo uma maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis (GOMES et al., 2010).

O número de espigas por planta (NEP) é um indicador do potencial produtivo da cultura do milho, refletindo diretamente na quantidade total de grãos que podem ser colhidos. Os dados obtidos revelaram uma variação significativa entre os tratamentos, com o tratamento controle apresentando uma média de 1,25 espigas por planta, enquanto os tratamentos UC1 e UP2 obtiveram médias superiores de 1,70 espigas por planta. A literatura aponta que o número de espigas está relacionado a fatores como a adequação de práticas de manejo, a disponibilidade de nutrientes e a irrigação adequada (SANTIN et al., 2017).

A melhoria observada nos tratamentos UC1 e UP2 sugere que a aplicação de fertilizantes criou um ambiente propício para o desenvolvimento reprodutivo das plantas. Esse efeito é particularmente relevante em sistemas de cultivo onde a disponibilidade de recursos não é limitante. O manejo adequado não apenas garante um suprimento constante de água e nutrientes, mas também otimiza as condições de luminosidade, fundamentais para a fotossíntese e, conseqüentemente, para a formação de mais espigas (SCHLICHTING, 2017).

Assim, a estratégia de manejo adotada nos tratamentos que apresentaram maior NEP pode ter sido crucial para o aumento do potencial produtivo das plantas. Além disso, a variação no NEP é um indicativo das respostas adaptativas das plantas a diferentes condições de manejo. Conforme evidenciado por Gomes et al., (2010), a capacidade das plantas de aumentar o número de espigas em resposta a práticas de manejo adequadas reflete uma estratégia de otimização da utilização de recursos. Isso se torna especialmente relevante em cenários de variabilidade climática, onde práticas sustentáveis podem fazer a diferença no rendimento final.

O peso de mil grãos (PMG) é um parâmetro utilizado na avaliação da qualidade e produtividade do milho, refletindo a capacidade das plantas de acumular massa durante o ciclo de desenvolvimento. Os dados demonstram uma variação significativa entre os tratamentos, com o tratamento controle apresentando o menor valor de 264,5 g, enquanto o tratamento UP2 atingiu 281,5 g. Essa diferença acentuada sugere que os tratamentos que garantiram melhor disponibilidade de nitrogênio propiciaram um ambiente favorável para o enchimento dos grãos, essencial para a formação de um produto final com maior peso.

Costa et al., (2011) corroboram essa afirmação ao enfatizarem que a eficiência na assimilação de nutrientes, aliada a condições ideais de umidade, são determinantes no aumento do PMG. Adicionalmente, o aumento do PMG observado nos tratamentos UP1 e UP2 pode estar relacionado à utilização de técnicas inovadoras, como a aplicação de polímeros minerais.

A relação entre a disponibilidade hídrica, o manejo nutricional e o PMG é reforçada pela literatura, Maria et al., (2006) que aponta para a sensibilidade desse parâmetro às condições do ambiente de cultivo, dessa forma, estratégias que integrem práticas sustentáveis, como a rotação de culturas e o uso de adubos nitrogenados, podem ser exploradas para potencializar ainda mais o PMG, garantindo não apenas uma produção mais elevada, mas também a qualidade do produto final, essencial para atender à demanda do mercado e promover a segurança alimentar.

A análise da produtividade (PROD) do milho, expressa em kg/ha, revela uma diferença significativa entre os tratamentos avaliados. O tratamento controle com a menor produtividade de 5266,25 kg/ha, contrasta marcadamente com o tratamento UP1, que alcançou a maior produtividade de 6208,75 kg/ha. Essa discrepância de mais de 15% entre o tratamento controle e os demais é um indicativo claro da influência do manejo aplicado sobre o desempenho da cultura.

A produtividade é um parâmetro que reflete não apenas a capacidade de geração de biomassa, mas também a eficiência dos insumos utilizados na lavoura. Os dados corroboram a literatura que aponta que a produtividade do milho está diretamente relacionada à habilidade das plantas de otimizar a utilização de recursos, como água, nutrientes e luz solar (SCHUCH et al., 2009).

Os resultados obtidos para as variáveis complementares, como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de espigas e peso de mil grãos, corroboram as diferenças observadas na produtividade. Os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 demonstraram um desempenho superior em todas essas variáveis, sugerindo que condições de manejo mais adequadas contribuíram para um desenvolvimento vegetativo e reprodutivo mais robusto. Essa sinergia entre os diferentes parâmetros de crescimento é fundamental, pois indica que as plantas foram capazes de explorar melhor os recursos disponíveis em seus ambientes, resultando em um aumento significativo na produtividade.

Além disso, a variação na produtividade observada entre os tratamentos pode ser atribuída à combinação eficaz de fatores como a fertilização adequada e manejo

integrado de pragas e doenças. É importante ressaltar que, em um cenário de mudanças climáticas e desafios ambientais, práticas agrícolas sustentáveis que promovam a eficiência no uso de recursos se tornam cada vez mais essenciais.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os diferentes tratamentos testados influenciam significativamente o desempenho produtivo da cultura do milho. Em particular, o tratamento UP1 se destacou, apresentando os melhores resultados em produtividade (6208,75 kg/ha), peso de mil grãos (274,5 g) e número de espigas por planta (1,55). Essas métricas não apenas indicam um potencial produtivo superior, mas também sugerem que o manejo aplicado foi eficaz em proporcionar um ambiente propício ao crescimento das plantas. A superioridade dos tratamentos sobre o tratamento controle evidencia a importância da escolha de estratégias de manejo adequadas que possam otimizar a utilização de recursos, especialmente em contextos agrícolas desafiadores, como aqueles sujeitos a estresse hídrico ou a restrições nutricionais. Além disso, os achados estão alinhados com a literatura existente, como evidenciado por Schlichting (2017), que enfatizam a necessidade de práticas de manejo eficientes para aumentar a produtividade das culturas.

Portanto, este estudo não só destaca a relevância dos tratamentos testados, mas também fornece insights valiosos sobre como intervenções adicionais podem impactar o rendimento das culturas. As informações obtidas servirão como base para futuras pesquisas e práticas agrícolas, visando o aprimoramento contínuo das técnicas de cultivo e aumento da produção de milho, fundamentais para atender à demanda crescente por alimentos em um cenário de aumento populacional e escassez de recursos naturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as diferentes fontes e doses de adubação nitrogenada em cobertura influenciaram de maneira significativa o desenvolvimento e a produtividade do milho safrinha. Observou-se que os tratamentos UC1, UC2, UP1 e UP2 apresentaram desempenho superior em relação ao tratamento controle nas variáveis avaliadas, como altura das plantas, diâmetro do colmo, número de fileiras de grãos por espiga, número de espigas por planta, peso de mil grãos e produtividade.

O tratamento UP1, com adubação nitrogenada de liberação progressiva, destacou-se ao atingir a maior produtividade, reforçando a eficácia desse manejo em proporcionar uma nutrição mais equilibrada e contínua para a planta ao longo de seu

ciclo. Esses resultados corroboram com a literatura científica, que enfatiza a importância de uma adubação adequada e de liberação controlada para otimizar o aproveitamento de nutrientes e maximizar o rendimento das culturas.

Assim, o estudo reforça a relevância de práticas de manejo bem planejadas e adaptadas às necessidades do milho safrinha, as quais podem impactar positivamente a produtividade e contribuir para o desenvolvimento sustentável da agricultura, oferecendo aos produtores uma base confiável para a escolha das fontes e doses de adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMILHO. Milho: o grão que revoluciona o Brasil. ABRAMILHO, 2023. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/2023/04/20/1o-congresso-abramilho-vai-reunir-especialistas-e-autoridades-para-debater-futuro-do-milho-brasileiro/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20diretor,milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20para%20exporta%C3%A7%C3%A3o.> Acesso em: 15 ago. 2023.

BARROS, I. de. et al. Recomendações de Nitrogênio para a Cultura do Milho nos Tabuleiros Costeiros: Desempenho Produtivo e Econômico. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.

BIANCHO, L. E. et al. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada em cultivo de milho safrinha. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, Santa Fé do Sul, São Paulo, v. 11, n. 13, p. 1–15, 2022.

CAIRES, E. F; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**. v. 75, n. 1, p.87-95, 2016.

COPAGRIL. Chuvas. Copagril, 2024. Disponível em: <https://www.copagril.com.br/control-de-chuvas>. Acesso em: 06 set. 2024.

COSTA, M. S. S. DE M. et al. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Ceres**, v. 58, p. 249–255, 1 abr. 2011.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

FONTANIVE, D. E. et al. Produtividade de milho crioulo em três anos agrícolas, cultivado em sistema de baixa tecnologia no Noroeste do Rio Grande do Sul. In: Salão integrado de ensino, pesquisa e extensão, 9, 2019.

GOMES, L.S. et al. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.2, p.140-145, fev. 2010.

GOYAL, R. K.; SCHMIDT, M. A.; HYNES, M. F. Molecular biology in the improvement of biological nitrogen fixation by rhizobia and extending the scope to cereals. **Microorganisms**. v. 9, n. 1, p.125, 2021.

IAPAR. Atlas climático do estado do Paraná. Londrina-PR: Instituto Agrônomo do Paraná-IAPAR, 2019.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p.1310-1321, 2013.

MARIA et al. Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 629–638, 1 set. 2006.

PINHEIRO, L. DA S. et al. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e8010110832, 3 jan. 2021.

PINTO, D.A.; KRENSKI, A.; MEERT, L.; CHITOLINA, M.P.; BORGHI, W.A; Características agrônômicas de milho em função de diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.12, n.1, p.79-85, Jan-Abr, 2019.

SANTIN, A.G. et al. Efeito da adubação nitrogenada e do espaçamento entre linhas sobre a silagem de milho. **Unoesc & Ciência - ACET**, v. 8, n. 1, p. 45–52, 2017.

SCHLICHTING, A.F. Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, 2017.

SCHUCH, L.O B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.144-149, 2009.

SEGS. A importância da nutrição das plantas: produtividade e qualidade. UNESP, 2017. Disponível em: <https://www2.unesp.br/portal#!/noticia/28018/a-importancia-da-nutricao-das-plantas-produtividade-e-qualidade/>. Acesso em: 12 ago. 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - SBCS. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Núcleo Estadual Paraná – Curitiba: SBCS/NEPAR, 482p.: il, 2017.