

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**FERNANDA DEL CARPIO LORENZETTI**

**EFEITO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA  
PRÉ-SEMEADURA DO MILHO APLICADA SOBRE RESÍDUOS CULTURAIS  
DE MILHETO**

**PATO BRANCO**

**2022**

**FERNANDA DEL CARPIO LORENZETTI**

**EFEITO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA  
PRÉ-SEMEADURA DO MILHO APLICADA SOBRE RESÍDUOS CULTURAIS  
DE MILHETO**

**Effect of anticipation of nitrogen fertilization in corn pre-sowing applied on  
millet crop residues**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia do Curso de  
Bacharelado em Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tangriani Simioni  
Assmann

**PATO BRANCO**

**2022**



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

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins 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.

**FERNANDA DEL CARPIO LORENZETTI**

**EFEITO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA  
PRÉ-SEMEADURA DO MILHO APLICADA SOBRE RESÍDUOS CULTURAIS  
DE MILHETO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia do Curso de  
Bacharelado em Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 28/novembro/2022

---

Tangriani Simioni Assmann  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Marlene de Lurdes Ferronato  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Alceu Luiz Assmann  
Doutorado em Agronomia  
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná

**PATO BRANCO**

**2022**

Dedico aos meus pais Cláudia e Neri, sem  
vocês eu nada seria.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Claudia e Neri pelo apoio incondicional em todas as esferas da minha vida e por sempre estarem presentes sob qualquer condição. E, especialmente, por investirem na minha educação.

À Prof. Dra. Tangriani Simioni Assmann por aceitar me orientar nesse trabalho e transmitir seus conhecimentos em prol da minha formação como engenheira agrônoma. Ter sua orientação foi um privilégio.

Ao Laboratório de Solos da UTFPR pelo auxílio nas análises efetuadas para esse trabalho.

Ao Igor Kieling Severo e à Luryan Tarini Kagimura por todo auxílio na construção desse trabalho e por disponibilizarem tempo para sanar dúvidas todas as vezes que solicitei.

À Agropecuária Laginski e Piotre Lagisnki por disponibilizarem a área para o experimento ser conduzido. Assim como ao Prof. Julian Lacerda e seu grupo de estudantes da UFPI pelo auxílio nas coletas e análise de dados.

Ao LABSOLOS pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

À todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

Vários são os fatores que interferem na produtividade final do milho (*Zea mays*), os quais são particulares do ambiente em que a cultura está instalada. A adubação nitrogenada se destaca entre esses, uma vez que o nitrogênio é o nutriente mais exigido e exportado pelo milho. Por ser um elemento muito instável, pode sofrer perdas expressivas pelos processos de volatilização e lixiviação, tornando necessária a busca por manejos mais eficazes. Nesse contexto, a antecipação se apresenta como uma estratégia capaz de limitar essas perdas e intensificar a eficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados. O objetivo desse experimento foi avaliar se a prática de antecipação da adubação nitrogenada favoreceu a produtividade do milho, em consórcio com a braquiária, quando comparada à adubação convencional. O experimento foi conduzido em Baixa Grande do Ribeiro - PI, com delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições e três parcelas. Os tratamentos nas parcelas principais foram diferentes doses de nitrogênio (0, 135 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>) sobre a palhada de milho. Após ser implementada a cultura do milho, o tratamento nas três parcelas foi de 66 kg N ha<sup>-1</sup> em cobertura. Para o milho e braquiária, foram avaliados a produção de matéria seca e analisado o tecido vegetal. Para o milho, foi avaliado a produtividade de grãos, diâmetro de espiga e comprimento de espiga. Houve efeito significativo das diferentes doses de nitrogênio sobre a produtividade do milho e sobre a concentração de nitrogênio na palhada da braquiária.

**Palavras-chave:** nitrogênio; adubos e fertilizantes; ureia; cultivos agrícolas - rendimento.

## ABSTRACT

There are several factors that interfere in the final productivity of corn (*Zea mays*), which are particularities of the environment in which the culture is installed. Nitrogen fertilization stands out among these, since nitrogen is the nutrient most required and exported by corn. By being a very satisfactory element, it can suffer expressive losses by the processes of volatilization and leaching, making it necessary to search for more effective management. In this context, an anticipation presents itself as a strategy capable of limiting these losses and intensifying the efficiency the use of nitrogen fertilizers. The objective of this experiment was to evaluate whether the practice of anticipation of nitrogen fertilization favored corn productivity, intercropped with brachiaria, when compared to conventional fertilization. The experiment was handled in Baixa Grande do Ribeiro - PI, with experimental design in randomized blocks with four replications and three plots. The treatments in the main plots were different doses of nitrogen (0, 135 and 200 kg N ha<sup>-1</sup>) on millet straw. After being committed to corn crop, the treatment in the three plots was 66 kg N ha<sup>-1</sup> in coverage. For millet and brachiaria, dry matter production was evaluated and analyzed the plant tissue. For corn, grain yield, diameter of spike and spike length. There was a significant effect of different doses of nitrogen on corn productivity and nitrogen concentration in brachiaria straw.

**Keywords:** nitrogen; fertilizers; urea; crop yields.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Dados pluviométricos observados durante o período experimental de outubro de 2021 a junho de 2022 em Baixa Grande do Ribeiro - PI . . . .</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2 – Croqui do experimento em Baixa Grande do Ribeiro - PI . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3 – Carreta graneleira sendo pesada com balança de carreta . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4 – Extração de nutrientes pela palhada de milho após 45 dias de cultivo. Pato Branco - PR, 2022 . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>Figura 5 – Consórcio milho-braquiária do experimento no momento da colheita em Baixa Grande do Ribeiro - PI . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>Figura 6 – Extração de nutrientes pela palhada de braquiária após 174 dias de cultivo. Pato Branco - PR, 2022 . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>Figura 7 – Média de produtividade de grãos de milho realizado por meio de colheita manual em função da antecipação da adubação nitrogenada sobre a palhada de milho. Pato Branco - PR, 2022 . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>Figura 8 – Média de produtividade de grãos de milho realizado por meio de colheita mecânica em função da antecipação da adubação nitrogenada sobre a palhada de milho. Pato Branco - PR, 2022 . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>Figura 9 – Visão de dentro da máquina da colheita do milho que estava em consórcio com a braquiária . . . . .</b>	<b>31</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros: teor de matéria orgânica (M.O), alumínio (<math>Al^{-3}</math>), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), potássio (K), fósforo (P), saturação por bases (V%), amônio (<math>NH_4</math>) e nitrato (<math>NO_3</math>) . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 2 – Faixa de teores de nutrientes adequados para a braquiária . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 3 – Análise de variância da produtividade de matéria seca de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 4 – Análise de variância da concentração de nitrogênio na palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 5 – Análise de variância da concentração de fósforo na palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 6 – Análise de variância da concentração de potássio na palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 7 – Análise de variância da extração de nitrogênio pela palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 8 – Análise de variância da extração de fósforo pela palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 9 – Análise de variância da extração de potássio pela palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 10 – Análise de variância da produtividade de grãos de milho em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202 . . . . .</b>	<b>43</b>

<b>Tabela 11 – Análise de variância do comprimento de espiga em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho.</b>	
<b>Pato Branco - PR, 202</b> . . . . .	<b>44</b>
<b>Tabela 12 – Análise de variância do diâmetro de espiga em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho.</b>	
<b>Pato Branco - PR, 202</b> . . . . .	<b>44</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Siglas

CTC	Capacidade de troca de cátions
MS	Matéria seca
MV	Massa verde
M.O	Matéria orgânica
pH	Potencial Hidrogeniônico
V	Saturação por bases
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

Al Alumínio  
Ca Cálcio  
CaCl<sub>2</sub> Cloreto de cálcio  
CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> Ureia  
Fe Ferro  
H + Al Acidez potencial  
K Potássio  
Mg Magnésio  
N Nitrogênio  
NH<sub>4</sub> Amônio  
NO<sub>3</sub> Nitrato  
P Fósforo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>13</b>
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do milho</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>A relação do nitrogênio com a cultura do milho</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Adubação nitrogenada para a cultura do milho</b>	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>Antecipação da adubação nitrogenada</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>O bioma Cerrado</b>	<b>17</b>
<b>2.6</b>	<b>A cultura do milheto</b>	<b>18</b>
<b>2.7</b>	<b>A cultura da braquiária</b>	<b>19</b>
<b>2.8</b>	<b>Consórcio milho - braquiária</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização do local</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização do experimento</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracteres avaliados</b>	<b>23</b>
3.3.1	Milheto	23
3.3.2	Braquiária	23
3.3.3	Milho	24
3.3.3.1	Rendimento de grãos - colheita mecânica	24
3.3.3.2	Rendimento de grãos e componentes de rendimento - colheita manual (parcelas)	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Milheto</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Braquiária</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Milho</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos maiores destaques entre as grandes culturas produzidas mundialmente, já que seu uso se estende desde rações animais até a indústria de alta tecnologia. A produção nacional alcançou 88,5 milhões de toneladas em 2021 (IBGE, 2022) com os estados de Mato Grosso, Paraná e Mato Grosso do Sul, respectivamente, na liderança.

A crescente demanda pelo grão requer elevadas produtividades na lavoura, que para serem alcançadas necessitam, dentre outros fatores, que a exigência por nutrientes da planta seja completamente suprida. Segundo Farinelli e Lemos (2012), a maior exigência nutricional da cultura é o nitrogênio (N), que se caracteriza como o principal nutriente limitante da produtividade, o que torna essencial o uso de fertilizantes nitrogenados.

A recomendação de adubação nitrogenada em cobertura tradicional é feita entre os estádios de desenvolvimento V3 a V6, o que configura uma curta janela de aplicação para o produtor. Essa aplicação é dependente dos fatores climáticos, uma vez que chuvas muito intensas podem resultar em perdas por lixiviação ou escoamento superficial, solos muito úmidos resultam em elevadas perdas por volatilização e a ausência de umidade impossibilita a operação. Esses fatores evidenciam a dificuldade de uma aplicação assertiva e eficiente.

A fase da aplicação da adubação nitrogenada se relaciona diretamente com o nível de absorção e acumulação do nutriente (MENGEL; BARBER, 1974), uma vez que diferentes estádios de desenvolvimento requerem diferentes quantidades. Nesse contexto, torna-se imprescindível a sincronia entre a disponibilidade e a demanda por nitrogênio.

A antecipação é uma prática em que a aplicação de adubo nitrogenado é sobre a palhada da cultura que antecede o milho, visto que alimenta os microrganismos do solo evitando que haja competição com as plantas na fase inicial, e sincroniza a liberação de nitrogênio com as épocas de maior necessidade da cultura do milho. Essa antecipação apresenta, geralmente, grande vantagem em relação as condições climáticas, uma vez que se caracteriza por uma maior janela de aplicação, possibilitando melhores condições de umidade e temperatura.

O Cerrado Piauiense, região onde o estudo foi conduzido, iniciou a introdução da agricultura mecanizada nos anos 90, com o cultivo principalmente de soja, milho e arroz (SILVA; SOUZA; FURTADO, 2014). Possui predominância de latossolos, que se caracterizam por serem pouco férteis, com baixa capacidade de trocas catiônicas e com baixos teores de matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2006) que não serão suficientes para atender a demanda nutricional da microbiota do solo apenas com sua decomposição, fazendo-se necessário adubação nitrogenada elevada.

Existem poucos relatos e estudos sobre o efeito da antecipação da adubação nitrogenada para o milho, sendo a maioria realizados na região Centro-Sul do Brasil, tornando o assunto carente de maiores informações, principalmente em áreas do Cerrado do Piauí. Trabalhos sobre o assunto irão melhorar o entendimento sobre o fornecimento e ciclagem do nitrogênio

no solo a curto e longo prazo, o que promove incremento da produtividade do milho e melhor uso dos recursos disponíveis.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a prática de antecipação da adubação nitrogenada (adubação de sistemas) em palhada de milheto, no Cerrado Piauiense, resultou na mesma ou maior produtividade no milho, quando comparadas à adubação convencional (ureia em cobertura na cultura do milho) entre os estádios V3 a V6.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar se a prática de antecipação da adubação nitrogenada (adubação de sistemas) em palhada de milheto, no Cerrado Piauiense, resultará na mesma ou maior produtividade no milho, quando comparada à adubação convencional (ureia em cobertura na cultura do milho) entre os estádios V3 a V6.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a produtividade do milho;
- Avaliar os componentes de rendimento do milho: diâmetro de espiga e comprimento de espiga;
- Avaliar a quantidade de nutrientes extraídos pelo milheto cultivado anteriormente a cultura do milho e pela braquiária cultivada em consórcio com o milho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do milho

O milho é uma espécie anual que pertence à ordem Poales, família Gramineae e gênero *Zea*. Está no grupo das plantas C4, de porte ereto e com grão de elevado teor energético, em virtude de sua composição ser basicamente amido (MERGENER, 2020). É uma cultura que apresenta alta demanda hídrica e elevada capacidade extrativa nutricional. Possui uma alta relação C/N, o que evidencia sua importância nos programas de rotação de culturas em sistemas de plantio direto. Para expressar o máximo do potencial genético de produção, a cultura necessita atingir níveis considerados ótimos dos componentes climáticos: temperatura, fotoperíodo e precipitação (CRUZ *et al.*, 2010).

No sistema brasileiro de cultivo, as plantas de milho seguem um mesmo modelo de desenvolvimento, no entanto, o período de tempo específico entre os estádios varia de acordo com as diferentes cultivares e condições edafoclimáticas. O ciclo do milho é dividido em duas fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa inicia na emergência (VE) da planta, e posteriormente possui subdivisões a respeito do número de folhas completamente desenvolvidas, a exemplo de V1 e V2, que vão até Vn, onde (n) simboliza a última folha desenvolvida antes do estágio de pendoamento (VT). A folha será considerada completamente desenvolvida quando o colar na inserção da bainha da folha com o colmo for visível (MAGALHAES; DURAES, 2003). Após o pendoamento, inicia-se a fase reprodutiva, que conta com as seguintes subdivisões: R1 (embonecamento), R2 (grão bolha d'água), R3 (grão leitoso), R4 (grão pastoso), R5 (formação de dente) e R6 (maturidade fisiológica).

A espécie é cultivada em grande parte do mundo, uma vez que tem elevada importância econômica e aplicabilidade, desde alimentação animal e humana até a produção de biocombustíveis (PAES, 2006). A variedade de genótipos, advindos do processo de melhoramento genético, permite que o grão seja cultivado em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS; CALADO, 2014). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (FIESP, 2020) a produção global desse cereal em 2021 foi de 1,22 bilhão de toneladas, tendo os Estados Unidos, China e Brasil, respectivamente, à frente dessa safra.

O Brasil desponta entre os principais produtores mundiais, alcançando produção de 113,3 milhões de toneladas em 21,6 milhões de hectares plantados em 2021 (Abimilho, 2022). Dois fatores conduziram a um aumento expressivo da produtividade ao longo dos anos: introdução de novas variedades mais adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras e tecnificação de manejos cada vez mais assertivos (tratamentos fitossanitários, adubações, etc.). Os estados brasileiros que mais produzem milho são, nessa ordem: Mato Grosso, Paraná e Mato Grosso do Sul. O estado do Piauí fica na décima posição no ranking nacional com uma produção de aproximadamente 2.700 toneladas em 581,6 hectares na safra 21/22 (COELHO, 2021).



## 2.2 A relação do nitrogênio com a cultura do milho

O nitrogênio apresenta fundamental importância no metabolismo do milho, uma vez que é o nutriente exigido e exportado em maior quantidade. Atua na estruturação molecular das plantas como constituinte da clorofila, proteínas, enzimas, ATP, amido etc. (FERREIRA *et al.*, 2001), no crescimento e desenvolvimento vegetativo e do sistema radicular, e como estimulante da absorção de outros nutrientes. Sendo assim, tem forte influência direta e indiretamente na produtividade de grãos.

A deficiência desse elemento resulta em morte prematura de folhas e/ou plantas, amarelamento das folhas, espigas pequenas, grãos leves com baixo teor proteico e colmos finos que resultam em tombamento (REATTO *et al.*, 2004). Diekow (2000) observou que a carência de N até o milho atingir altura de aproximadamente 20 cm, acarreta na diminuição irreversível no número de fileiras por espiga, uma vez que nesse período (20 a 30 dias após emergência) inicia-se a diferenciação do primórdio floral feminino que define o número de fileiras por espiga (ARNON, 1975).

É o elemento químico que predomina no ar atmosférico, na forma de  $N_2$ , representando cerca de 78% do volume do ar. Segundo Mergener (2020), essas moléculas não estão disponíveis para a absorção pelas plantas, tornando-se necessária a transformação para formas inorgânicas como amônia ( $NH_3$ ) e nitrato ( $NO_3$ ).

A cultura pode retirar N a partir da mineralização do N da matéria orgânica presente no solo, processo que é feito por microrganismos heterotróficos que possuem como fonte de energia esses compostos orgânicos (MARTINS, 2013). Portanto, quanto mais matéria orgânica presente no solo, maior será a quantidade de N disponibilizado para o milho (FONTOURA; BAYER, 2009). Ademais, o fornecimento de fertilizantes nitrogenados constitui prática fundamental que complementa essa demanda parcialmente atendida pela matéria orgânica.

Esse macro nutriente apresenta um manejo difícil por ser muito instável e conseqüentemente, muito dinâmico no solo, sendo submetido a diferentes mudanças bioquímicas. As perdas são ocasionadas principalmente pelos processos de volatilização e lixiviação (MERGENER, 2020).

O processo de volatilização ocorre durante as transformações químicas das moléculas dos fertilizantes, que através da enzima urease, liberam amônia, base altamente volátil. Algumas características dos solos do Cerrado contribuem para a ocorrência de perdas por esse processo: pH alto, baixos teores de matéria orgânica no solo e baixa capacidade de troca de cátions (CASSIMIRO, 2020).

A lixiviação compreende a perda do nitrogênio em forma de nitrato ionizado, que possui alta afinidade com a água vinda da precipitação que infiltra no solo, sendo carregado junto até os lençóis freáticos (TAIZ *et al.*, 2017). A textura do solo se relaciona com essa perda, onde solos arenosos são mais suscetíveis em razão da maior velocidade da água no perfil.

Devido à grande importância desse nutriente, tornam-se imprescindíveis práticas que minimizam essas perdas. As práticas que visam aumentar a disponibilidade de nitrogênio, envolvem, principalmente, escolhas assertivas a respeito da fonte nitrogenada e das épocas de aplicação (GOTT *et al.*, 2014).

### 2.3 Adubação nitrogenada para a cultura do milho

Em meio a outros, a adubação nitrogenada se destaca como um dos fatores inerentes a construção e manutenção de altas produtividades do milho. O fato é explicado pois, os solos, na generalidade, não disponibilizam nitrogênio o suficiente para a cultura nos diferentes estádios de desenvolvimento.

Tradicionalmente, se divide entre adubação de base (feita junto a semeadura) e adubação de cobertura, geralmente feita a lanço, quando o milho apresenta tem 30 a 40 dias de emergência (COELHO, 2006). Para calcular a quantidade necessária, devem ser levados em consideração a produtividade esperada, época de plantio, histórico de uso e tipo de solo, teor de matéria orgânica, manejo e cultivar escolhidos (DUARTE; KURIHARA; CANTARELLA, 2013). De acordo com Gott *et al.* (2014), existem fontes variadas de nitrogênio mineral disponíveis para a adubação de cobertura, como a ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio.

A ureia [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] é a fonte mais utilizada nacionalmente em razão de uma série de benefícios, como alta disponibilidade no mercado, baixa corrosividade, facilidade de aplicação e de mistura com outras fontes e melhor custo-benefício (DUARTE; KURIHARA; CANTARELLA, 2013). Possui alta concentração de N (44 - 46%) e alta solubilidade (MERGENER, 2020), o que facilita a absorção pelas plantas. Porém, como pontos negativos, evidenciam-se as características de ser uma substância altamente suscetível à volatilização e higroscópica (propensão a absorver umidade atmosférica) (MARTINS, 2013).

As perdas são acentuadas por condições climáticas adversas: temperaturas elevadas, baixa umidade do solo e dias ventosos. Nesse contexto, a aplicação de ureia deve ser feita em dias com temperatura amena, com pouco vento e em solos úmidos (ERNANI, 2003). A situação ideal seria dias nublados que antecedem chuvas. Em longas épocas de seca, especialmente no verão, não é recomendado a aplicação.

O conhecimento da absorção do N nos diferentes estádios de desenvolvimento é fator indispensável na recomendação da adubação nitrogenada. A sincronização entre as diferentes demandas pelo nutriente e seu fornecimento é o que maximiza a eficiência da aplicação do fertilizante. O milho necessita de nitrogênio em todo seu ciclo vegetativo, e segundo Martins (2013), o nitrogênio tem absorção pelas plantas de milho com maior intensidade entre 40 a 60 dias após emergência, o que corresponde à metade da exigência total da cultura, e a quantidade remanescente é absorvida após o início do florescimento até o início da formação dos grãos, superando a taxa de 4,5 kg/ha por dia na fase reprodutiva (KRAKEKER, 2018). O parcelamento da adubação é uma prática viável para o aumento da eficiência e sincronização das demandas.

## 2.4 Antecipação da adubação nitrogenada

A antecipação da adubação nitrogenada é uma prática em que a aplicação do nitrogênio é feita na cultura de cobertura de inverno que antecede o milho, em vez de ser feita diretamente no milho nos estádios de desenvolvimento V5 a V6 (SANGOI; ERNANI; SILVA, 2007). Esse manejo eleva a eficiência da adubação, uma vez que diminui as perdas por volatilização e lixiviação (ORIOLO, 2008). Também apresenta benefícios operacionais, como proporcionar uma janela maior e mais flexível para a execução da aplicação, com condições climáticas adequadas.

A imobilização do nitrogênio mineral pela microbiota do solo compromete a nutrição nitrogenada da cultura, uma vez que causa carência desse nutriente no início do crescimento do milho (SILVA *et al.*, 2006) e a disponibilização à planta posteriormente aos estádios de maior necessidade. A prática da antecipação apresenta capacidade de corrigir essa falta de sincronia, já que diminui os efeitos da imobilização pelos microrganismos, pois fornece simultaneamente nitrogênio o suficiente tanto para os organismos do solo, quanto para o milho (KAGIMURA *et al.*, 2019).

Sartor *et al.* (2012) observou efeito residual do nitrogênio aplicado na cultura antecessora ao milho, uma vez que esses apresentaram aumento no rendimento de grãos e de proteína bruta do grão. Semelhante a Sandini *et al.* (2011) que percebeu influência significativa na produtividade do milho que teve aplicação nitrogenada realizada na cultura antecedente.

## 2.5 O bioma Cerrado

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma da América do Sul em relação a área, ficando atrás apenas da Floresta Amazônica, ocupando uma área de 2 milhões de km<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 23% do território nacional (MMA, 2021). Se estende por dez estados, a exemplo de Bahia, Maranhão, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além de localizar as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Amazônica - Tocantins, São Francisco e Prata.

É uma região que apresenta uma elevada aptidão aquífera e vasta biodiversidade de fauna e flora, em um cenário de duas estações climáticas bem definidas: verão chuvoso e inverno seco (OLIVEIRA FILHO; LIMA, 2002). Apresenta relevo hegemonicamente plano, o que facilita operações com máquinas agrícolas. A vegetação tem predomínio de gramíneas rasteiras, arbustos e árvores de cascas grossas e sistema radicular profundo. Os troncos se caracterizam por serem tortuosos e as folhas por apresentarem mecanismos contra o déficit hídrico, a exemplo de pêlos e rigidez (AGUIAR; MONTEIRO, 2005). Segundo Oliveira Filho e Lima (2002), os solos são majoritariamente latossolos vermelho-amarelo, profundos, estruturados, com baixa fertilidade natural e elevada acidez, altos teores de ferro e alumínio, o que os caracteriza como pouco aptos para a agricultura, necessitando correção com calagem e adubação. Também são

pobres em matéria orgânica com baixa CTC e baixos índices de saturação de bases (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

O Cerrado Piauiense abrange 24 municípios com uma área de 11 milhões de hectares, o que representa em torno de 6% do Cerrado brasileiro (AGUIAR; MONTEIRO, 2005). Essa região foi ocupada inicialmente entre as décadas de 70 e 80, com a introdução de projetos de pecuária e cajucultura. Já na década de 90, essa área foi considerada uma das últimas fronteiras agrícolas nacionais, então teve sua ocupação intensificada com projetos para a produção de grãos voltados a exportação.

A maior adversidade para o sistema de plantio direto nessa região é o sucesso no estabelecimento de uma cobertura de solo com plantas cultivadas para essa finalidade. As condições climáticas dificultam o cultivo de culturas de inverno, além de que condicionam uma acelerada decomposição da palhada presente no solo, mesmo se essa apresentar relação C/N elevada (ALVARENGA; CRUZ; VIANA, 2008).

## 2.6 A cultura do milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma gramínea anual, de clima tropical, que apresenta porte alto e ereto e ciclo aproximado de 130 dias. Tem de 7 a 12% de proteína bruta na matéria seca. Sua origem vem das savanas africanas, e na região Sul do Brasil é denominado de pasto italiano (SALTON; KICHEL, 1998). É utilizado para pastagem, feno, silagem, produção de ração a partir dos grãos e cobertura de solo. A relação C/N da cultura é de 30 ou mais, o que garante mais tempo de permanência da palhada sobre o solo (ALVARENGA; CRUZ; VIANA, 2008).

Apresenta alta taxa de crescimento e produção de matéria seca, o que proporciona rápida e abundante cobertura de solo, com alta capacidade de supressão de plantas daninhas (NETTO, 1998). É pouco exigente no que se refere ao solo, exibindo ótima adaptação a solos com baixa fertilidade, resistência ao déficit hídrico e a altas temperaturas. Ainda assim, tem boa resposta a adubações ou solos mais férteis. Tem um sistema radicular profundo, com raízes abundantes que possuem elevada capacidade de extração e ciclagem de nutrientes (MARCANTE; CAMACHO; PAREDES JUNIOR, 2011).

Essas características promoveram um aumento do cultivo com a finalidade de cobertura de solo em áreas de plantio direto, especialmente no Cerrado, uma vez que essa região apresenta condições climáticas adversas. Nessas condições, recomenda-se alta densidade de semeadura (acima de 20 kg/ha), para resultar em grande volume de matéria seca (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2003). Pode ser feito a lanço ou no sulco, dependendo da finalidade do plantio. É uma cultura de fácil implantação, uma vez que possui ampla janela de plantio e elevada capacidade de produção de sementes.

## 2.7 A cultura da braquiária

A braquiária é uma gramínea perene, de porte variável e hábito de crescimento cespitoso (KARAM *et al.*, 2009). É nativa da África, o que demonstra adaptabilidade às condições tropicais brasileiras e do Cerrado. As espécies do gênero *Brachiaria* compõe as principais plantas forrageiras utilizadas atualmente no Brasil (COSTA *et al.*, 2005). O grande interesse dos produtores pelas espécies se prende ao fato de que é uma cultura que possibilita amplo espectro de uso e manejo por possuir características como um sistema radicular agressivo, elevada produção de matéria seca e facilidade de estabelecimento e persistência em solos ácidos e de baixa fertilidade, característicos do Cerrado (CORRÊA; SANTOS, 2003). Seu uso nas lavouras tem como alguns dos objetivos a maior sustentabilidade do sistema, servir como material para pastejo animal, aumento de quantidade e qualidade da palhada e proteção do solo.

Segundo Souza (1995), o ciclo da braquiária é composto pelas seguintes fases: vegetativa; iniciação do racemo; iniciação da espiguetas; diferenciação da espiguetas; emissão da inflorescência e antese; maturação da semente.

A *Brachiaria ruziziensis* é a espécie mais utilizada no sistema de plantio direto e se distingue por ter folhas decumbentes com bordas onduladas (CECCON *et al.*, 2013a). Segundo Corrêa e Santos (2003), apresenta rápido estabelecimento, alta formação de palhada e fácil manejo de dessecação, características que a tornam ideal para uso em sistemas de integração lavoura-pecuária. Como atributos negativos, se mostra suscetível à cigarrinha das pastagens (*Deois flavopicta*) e baixa competição com plantas invasoras.

## 2.8 Consórcio milho - braquiária

O consórcio da braquiária com culturas graníferas é uma tecnologia que possibilita a manutenção da produtividade de grãos ao mesmo tempo que mantém o solo permanentemente coberto (BATISTA *et al.*, 2011). O sistema traz benefícios e avanço da produção, principalmente considerando as imprevisibilidades climáticas que são inerentes às atividades agrícolas.

No caso de consórcio de milho com braquiária, a interferência imposta pela forrageira no estado nutricional e na produtividade final de grãos de milho varia em função das condições climáticas, de solo e de manejo (CRUZ *et al.*, 2009). Nesse contexto, a produtividade do milho pode ser bastante afetada pelo regime pluviométrico, temperatura e limitações de radiação solar no final do seu ciclo (CECCON *et al.*, 2013a).

A viabilidade do sistema é explicada pelas distintas velocidades de acúmulo de biomassa de cada cultura. Durante o período de convivência, a alta competitividade inicial do milho e o lento crescimento inicial da braquiária reduzem o desenvolvimento da mesma. Entretanto, com a senescência da cultura principal, a forrageira volta a se desenvolver e a acumular matéria seca (BATISTA *et al.*, 2011).

A semeadura da forrageira pode ser realizada anterior, simultânea ou posteriormente à semeadura do milho (CECCON *et al.*, 2013a). Reduções expressivas de produtividade são observadas quando a semeadura é antecipada e sem posterior supressão da forrageira com herbicidas. Já a semeadura tardia em relação ao milho, se caracteriza como opção que diminui a competição entre as duas culturas (JAKELAITIS *et al.*, 2006). No entanto, Ceccon *et al.* (2013b) e Borghi e Crusciol (2007) recomendam a semeadura simultânea a fim de reduzir custos com a operação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

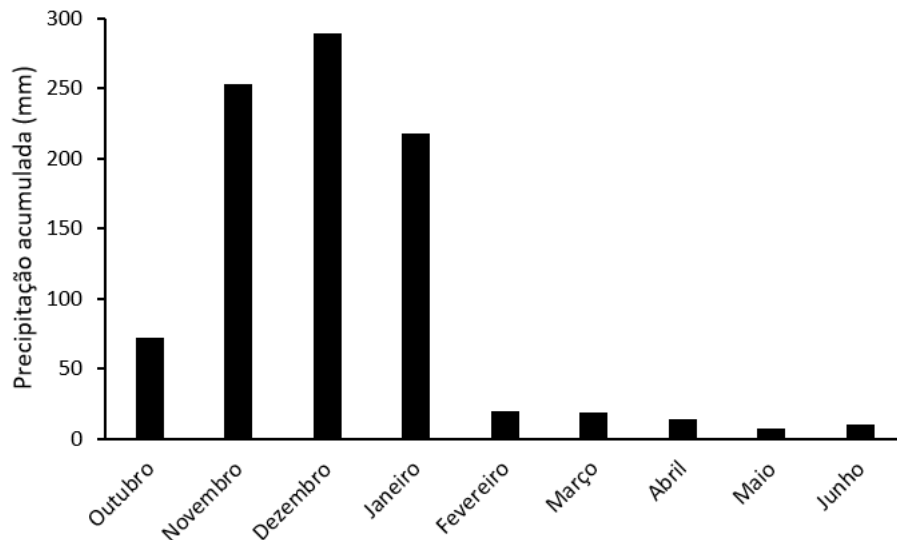
#### 3.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Baixa Grande do Ribeiro (07° 51' 32"S; 45° 12' 56"O; 325 m altitude), situado na região sudoeste do estado do Piauí, durante o período de 30 de outubro de 2021 a 16 de junho de 2022.

A área apresenta solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico associado a Areias Quartzosas Distróficas e o clima é considerado Aw (tropical com inverno seco) de acordo com a classificação de Koppen. Em geral, ao longo do ano a temperatura varia de 16 °C a 34 °C. Os índices pluviométricos giram em torno de 700 a 1200 mm ao longo do ano, com variação sazonal significativa na precipitação mensal de chuva.

Os dados de regime pluviométrico durante o período do experimento são apresentados na Figura 1. As características químicas do solo na profundidade de 0 a 20 cm do início do período experimental estão dispostas na Tabela 1.

**Figura 1 – Dados pluviométricos observados durante o período experimental de outubro de 2021 a junho de 2022 em Baixa Grande do Ribeiro - PI**



Fonte: INMET (2022).

**Tabela 1 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros: teor de matéria orgânica (M.O), alumínio ( $Al^{-3}$ ), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), potássio (K), fósforo (P), saturação por bases (V%), amônio ( $NH_4$ ) e nitrato ( $NO_3$ )**

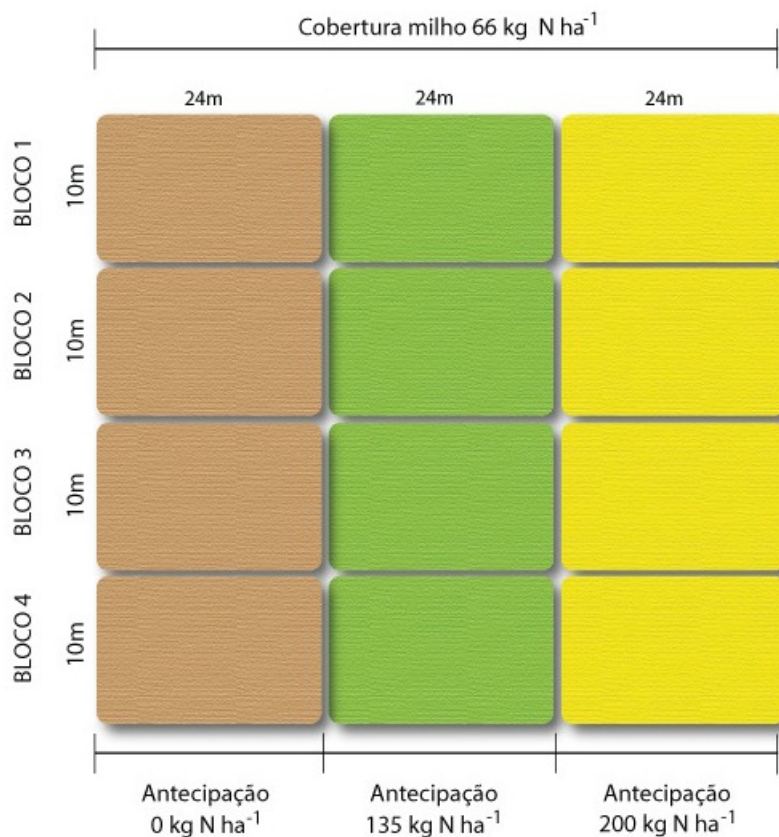
Profundidade	pH	M.O	$Al^{-3}$	H + Al	Ca	Mg	CTC	K	P	V	$NH_4$	$NO_3$
cm	$CaCl_2$	g/dm	Cmol <sub>c</sub> /dm			mg/dm		%	mg/dm			
0-20	4.2	17.8	0.17	5.1	1.6	0.3	7.0	0.08	36.9	27.9	29.3	131.8

Fonte: Autoria própria (2022).

### 3.2 Caracterização do experimento

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e três parcelas com 240 m<sup>2</sup> (24 m x 10 m). Os tratamentos de antecipação de adubação nitrogenadas constituíram-se de doses crescentes de adubação nitrogenada (0, 135 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>), tendo como fonte a ureia, aplicadas a lanço sobre a palhada de milho, antecedendo a implantação do milho. Após 35 dias do plantio do milho, a dose de 66 kg N ha<sup>-1</sup> foi aplicada na forma de ureia em cobertura em todas as parcelas do experimento.

**Figura 2 – Croqui do experimento em Baixa Grande do Ribeiro - PI**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Anteriormente ao experimento, a cultura da soja estava implantada na área. O experimento teve início em 30 de outubro de 2021 com a fase milho como cultura de cobertura. O estabelecimento do milho se deu através de plantio a lanço, sem adubação de base. O milho ficou a campo por 45 dias.

No mesmo dia do plantio do milho consorciado com a braquiária, foi realizado as adubações nitrogenadas antecipadas. Sobre a palhada do milho, diferentes doses de nitrogênio (0, 135 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>) foram aplicadas a lanço na forma de ureia através do distribuidor de ureia.



Em sequência ao milheto, vieram as culturas do milho em consórcio com a braquiária. O plantio do milho consorciado com braquiária foi realizado no dia 16 de dezembro de 2021, com a utilização do híbrido de milho KWS 9606 VIP3, profundidade de 4 cm, com 3,4 sementes por metro em espaçamento de 50 cm, totalizando 68.000 sementes por hectare. A adubação de base foi de 117 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 104 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A espécie de braquiária utilizada, semeada a lanço no momento do plantio do milho, foi a *Brachiaria ruziziensis* com densidade de 7 kg ha<sup>-1</sup>. Após 35 dias de plantio, foi realizada a aplicação de nitrogênio em cobertura na dose de 66 kg N ha<sup>-1</sup>, utilizando ureia (45%).

Durante o desenvolvimento da cultura do milho foram realizadas aplicações de inseticidas, herbicidas e fungicidas conforme o manejo da propriedade. A colheita foi realizada no dia 08 de junho de 2022 de forma mecanizada, quando as plantas apresentavam umidade próxima a 13%.

### 3.3 Caracteres avaliados

#### 3.3.1 Milheto

a) Produção de matéria seca (MS): Obtida através da coleta, dois dias antes do plantio do milho, da matéria verde do milheto em 2 pontos aleatórios (com área de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m)) em cada bloco nas 3 parcelas, totalizando 24 amostras. As amostras foram submetidas a temperatura de secagem de 65 °C até atingirem massa constante. Através do teor de matéria seca da amostra, foi determinado a quantidade coletada na área de 0,25 m<sup>2</sup> e estimado a produção por hectare.

b) Análise de tecido vegetal: Após obtenção da MS, as amostras foram pesadas, moídas em moinho tipo Willey até a formação de uma amostra homogênea e encaminhadas para o Laboratório de Solos da UTFPR - Pato Branco para análises de tecido vegetal, de acordo com a metodologia descrita no manual de Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais (TEDESCO *et al.*, 1995).

#### 3.3.2 Braquiária

a) Produção de matéria seca (MS): Obtida através da coleta, no dia da colheita do milho, da matéria verde da braquiária em 4 pontos aleatórios (com área de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m)) em cada bloco nas 3 parcelas, totalizando 48 amostras. As amostras foram submetidas a temperatura de secagem de 65 °C até atingirem massa constante. Através do teor de matéria seca da amostra, foi determinado a quantidade coletada na área de 0,25 m<sup>2</sup> e estimado a produção por hectare.

b) Análise de tecido vegetal: Após obtenção da MS, as amostras foram pesadas, moídas em moinho tipo Willey até a formação de uma amostra homogênea e encaminhadas para o laboratório para análises de tecido vegetal, de acordo com a metodologia descrita no manual de Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais (TEDESCO *et al.*, 1995).

Os dados dos caracteres “a” e “b” foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico Statgraphics.

### 3.3.3 Milho

#### 3.3.3.1 Rendimento de grãos - colheita mecânica

A área útil de colheita do milho com a colheitadeira foi de 240 m<sup>2</sup>, sendo a largura de colheita da plataforma de 6 m e a colheita foi realizada em uma faixa de 40 m de distância. Após realizada a colheita, os grãos de milho foram depositados em uma carreta graneleira e o peso líquido foi aferido por meio de balança de carreta (Figura 3). Os dados obtidos foram corrigidos para umidade de 13% e o rendimento calculado para kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3 – Carreta graneleira sendo pesada com balança de carreta**



**Fonte: Assmann (2022).**

#### 3.3.3.2 Rendimento de grãos e componentes de rendimento - colheita manual (parcelas)

Para estimativa da produtividade de milho foram colhidos duas linhas de 4,5 metros lineares e posteriormente em laboratório foi estimado:

- a) Número de espigas por parcela
- b) Peso de grãos/espiga
- c) Peso médio de espiga por parcela

d) Diâmetro de espiga: obtido através da coleta de 20 espigas aleatórias dentro de cada bloco nas 3 parcelas, totalizando uma amostra de 240 espigas. As espigas foram medidas utilizando paquímetro em milímetros e tomou-se a medida na parte central da espiga.

e) Comprimento de espiga: obtido através da coleta de 20 espigas aleatórias dentro de cada bloco nas 3 parcelas, totalizando uma amostra de 240 espigas. A medição foi feita com régua graduada em centímetros, mensurada da base até o ápice da espiga.

Visando uma maior padronização de dados, para a obtenção da produtividade de milho por parcela, multiplicou-se o peso médio de espiga por 30, considerando esse como um valor médio de espigas por parcela.

Os dados de produtividade e dos caracteres “d” e “e” foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro utilizando o software estatístico Statgraphics.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Milheto

Após 45 dias do plantio do milheto, constatou-se uma produtividade média de 7.888 kg de matéria seca por hectare. Segundo Resende *et al.* (2016), a produção média de matéria seca de milheto varia entre 7.000 a 15.000 kg ha<sup>-1</sup>, e sofre influência de cultivar e de condições climáticas, de plantio e de fertilidade do solo. Alvarenga *et al.* (2001) e Skora Neto (1993) indicam que produção acima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> representa quantidade suficiente para garantir uma boa cobertura de solo. Contudo, Sêguy *et al.* (1997) indica que no Cerrado, devido às condições elevadas de temperatura e umidade que resultam em rápida decomposição da palhada, a produção ideal de matéria seca seria de 11.000 a 12.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Tiecher (2016) e Teixeira *et al.* (2009) pontuam que o milheto se destaca pela rápida produção de fitomassa e por conseguir alto acúmulo de matéria seca nas raízes, além de ser uma cultura que contém uma elevada porcentagem de raízes finas no sistema radicular, que se sobressaem na capacidade de absorção de nutrientes e água.

A concentração de nutrientes observada nessa palhada foi de 18,5 g N kg<sup>-1</sup>, 3,2 g P kg<sup>-1</sup> e 55 g K kg<sup>-1</sup>.

As composições minerais da cultura variam de acordo com a idade da planta, e são maiores no início da fase reprodutiva. Essa demanda por nutrientes depende diretamente do potencial de produção, tanto de fitomassa quanto de grãos (COELHO; PEREIRA FILHO, 2012). A extração de nutrientes aumenta com a produtividade de matéria seca, e o potássio e nitrogênio se caracterizam como as maiores exigências.

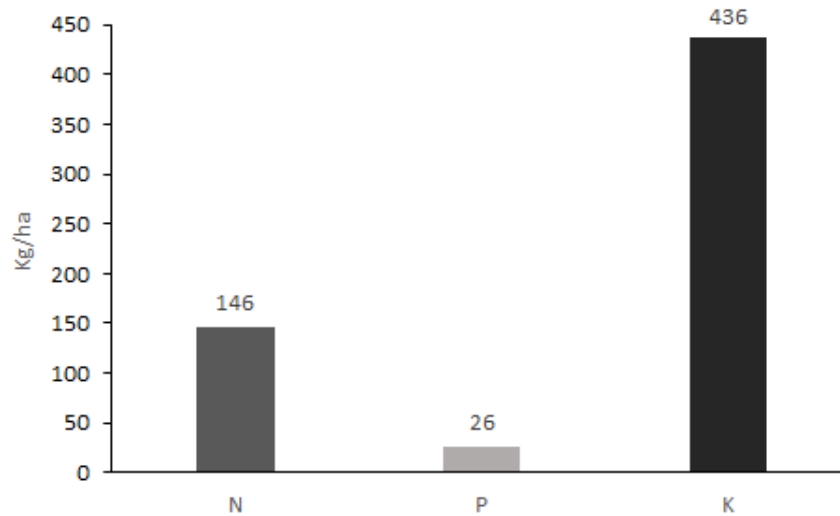
A extração de N, P e K pela palhada de milheto do experimento está representada na Figura 4.

Soratto *et al.* (2010) observaram extração de 257 kg N ha<sup>-1</sup>, 38 kg P ha<sup>-1</sup> e 322 kg K ha<sup>-1</sup> na palhada de milheto aos 55 dias de germinação, enquanto que Braz *et al.* (2004) observaram extração de 348 kg N ha<sup>-1</sup>, 36 kg P ha<sup>-1</sup> e 314 kg K ha<sup>-1</sup> no mesmo período.

Dessa forma, verifica-se a palhada de milheto como uma "bomba" de ciclagem de potássio. Nesse contexto, essa elevada acumulação de K na palhada de milheto é altamente benéfica para o sistema, uma vez que esse elemento é rapidamente mineralizado e liberado para o solo para ser extraído pelas plantas do cultivo seguinte. Segundo Leite *et al.* (2010), a mineralização do K presente na palhada de milheto é praticamente completa até os 100 dias após seu manejo. Essa rapidez é explicada pelo fato de que o K é um elemento que se encontra na forma iônica e é absorvido pela planta nessa mesma forma (CARPIM *et al.*, 2008), além de não estar associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal.

Já em relação ao N e ao P, a palhada apresentou extração de 146 kg N ha<sup>-1</sup> e 26 kg P ha<sup>-1</sup>, caracterizando uma extração inferior aos estudos citados acima. Ressalta-se que por se tratar de uma gramínea de alta relação C/N (ALVARENGA; CRUZ; VIANA, 2008), os estágios

**Figura 4 – Extração de nutrientes pela palhada de milho após 45 dias de cultivo. Pato Branco - PR, 2022**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

inicias de decomposição dessa palhada poderão acarretar em episódios de imobilização desses nutrientes. O nitrogênio sofre intensa retenção pelos microrganismos decompositores presentes no solo, e o fósforo é um nutriente de complexa dinâmica que resulta em baixa mobilidade no solo, permanecendo imobilizado pelos colóides do solo e óxidos de Fe e Al, além da imobilização por microrganismos (CAMPOS; ANTONANGELO; ALLEONI, 2016).

## 4.2 Braquiária

Conforme observado no Apêndice 3, a antecipação de adubação nitrogenada, aplicada sobre a palhada do milho, não teve efeito significativo sobre a produção de matéria seca de braquiária ( $P = 0,4062$ ). A produtividade média de matéria seca da braquiária consorciada com milho, coletada aos 174 dias pós semeadura, foi de  $6.901 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo muito superior ao comumente observado em cultivos de consórcio de milho com braquiárias. Cruz *et al.* (2008) constataram produção de  $2.579 \text{ kg matéria seca ha}^{-1}$  pós 127 dias de semeadura e Pariz *et al.* (2011a) constataram produção de  $2.500 \text{ kg matéria seca ha}^{-1}$  pós 121 dias de semeadura. A produção de uma quantidade de matéria seca de braquiária quase três vezes superior ao comumente observado em consórcios com milho pode ter influenciado a relativamente baixa produtividade do milho, devido a competição por nutrientes, água e luz. Cabe ressaltar que devido a volumes pluviométricos registrados no momento programado para a colheita adiaram a operação, o que abriu espaço para a cultura se desenvolver por mais dias e acumular maior quantidade de matéria seca (Figura 5).

Conforme observado no Apêndice 4, houve influência significativa das diferentes doses de N aplicadas antecipadamente sobre a palhada de milho, na concentração de N na palhada da braquiária ( $P = 0.0467$ ). As médias de concentração de N encontradas para as doses

**Figura 5 – Consórcio milho-braquiária do experimento no momento da colheita em Baixa Grande do Ribeiro - PI**



**Fonte: Assmann (2022).**

de 0, 135 e 200 kg N antecipado  $\text{ha}^{-1}$  foram, respectivamente, de 9,7 , 9,6 e 7,9 g N  $\text{kg}^{-1}$ . Observou-se um decréscimo da concentração de N na palhada da braquiária, a medida que houve aumento da dose de N antecipada aplicada sobre a palhada de milho.

Conforme observado no Apêndice 5, não foi constatado influência significativa da antecipação da adubação nitrogenada, aplicada sobre a palhada do milho, sobre a concentração de P ( $P = 0.8508$ ) da palhada da braquiária. A concentração média observada no experimento foi de 1,2 g P  $\text{kg}^{-1}$ .

A ausência de efeito significativo da antecipação da adubação nitrogenada, aplicada sobre a palhada do milho, sobre a concentração de K na palhada de braquiária, também foi observada, conforme Apêndice 6 ( $P = 0.3873$ ). A concentração média observada no experimento foi de 22,1 g K  $\text{kg}^{-1}$ .

As faixas de teores adequados de N, P e K para a braquiária estão representadas na Tabela 2, com os limites superior e inferior. Destaca-se que apenas as concentrações de P e K do experimento estão dentro da faixa de teores adequados, enquanto que todas as médias de concentração de N estão abaixo do limite inferior.

Não foi constatado efeito significativo da antecipação da adubação nitrogenada, aplicada na palhada do milho, sobre a extração de N pela palhada da braquiária ( $P = 0.2149$ ), conforme Apêndice 7. A média de extração no experimento foi de 146 kg N  $\text{ha}^{-1}$ .

**Tabela 2 – Faixa de teores de nutrientes adequados para a braquiária**

	N	P	K
Espécie forrageira	g/kg de MS		
<i>Brachiaria</i>	12 - 20	0,8 - 3,0	12 - 30

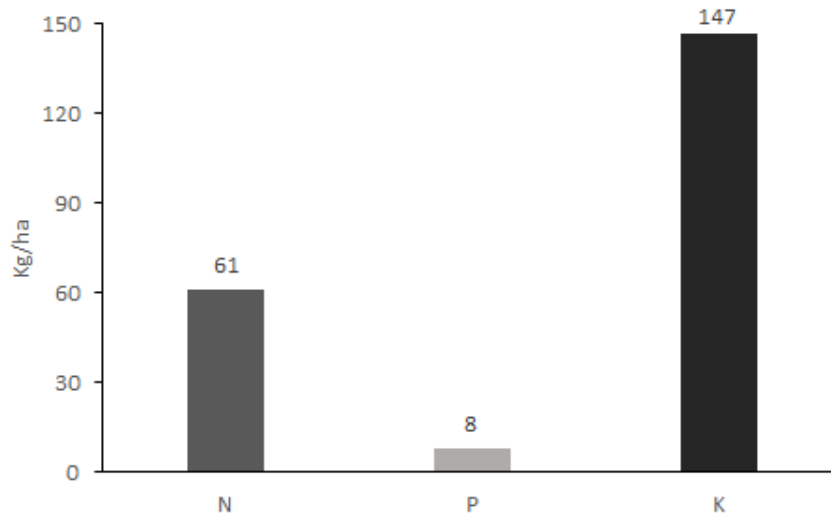
**Fonte: Adaptado de Werner *et al.* (1997).**

Para a extração de P pela palhada da braquiária, também não houve efeito significativo da antecipação da adubação nitrogenada, aplicada na palhada de milho ( $P = 0.2665$ ) conforme Apêndice 8. A média de extração no experimento foi de  $26 \text{ kg P ha}^{-1}$ .

Assim como não houve influência significativa da antecipação da adubação nitrogenada, aplicada na palhada de milho, para a extração de K pela palhada da braquiária ( $P = 0.3290$ ), conforme Apêndice 9. A média de extração no experimento foi de  $436 \text{ kg K ha}^{-1}$ .

A quantidade média extraída de N, P e K pela braquiária do experimento está representada na Figura 6, e evidencia que a cultura conseguiu extrair as quantidades mínimas de P e K, porém não de N, fato já esperado, em virtude da elevada exigência de N pela cultura do milho que estava competindo com a braquiária, sobretudo por ter sido semeado sob palhada de uma gramínea com alta relação C/N.

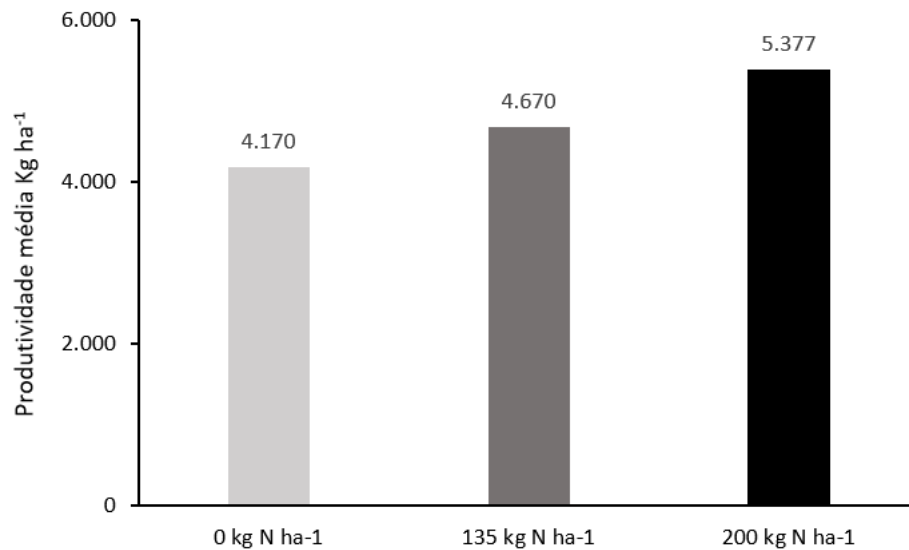
**Figura 6 – Extração de nutrientes pela palhada de braquiária após 174 dias de cultivo. Pato Branco - PR, 2022**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Destaca-se o acúmulo de K, confirmando ser o nutriente mais absorvido e acumulado nos tecidos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado (PARIZ *et al.*, 2011b) (BOER *et al.*, 2007). O consórcio entre as culturas resulta em benefícios na ciclagem de K para a cultura seguinte, uma vez que eleva a forma trocável desse nutriente após a dessecação da forrageira (GARCIA *et al.*, 2008), porém pode influenciar negativamente o milho consorciado devido à competição. No trabalho de Primavesi *et al.* (2006) sobre extração de nutrientes na fitomassa de braquiária em função de fontes e doses de nitrogênio, foi verificado maior extração de K em relação ao N, corroborando com o trabalho de Costa *et al.* (2010), que afirma que a quanti-

**Figura 7 – Média de produtividade de grãos de milho realizado por meio de colheita manual em função da antecipação da adubação nitrogenada sobre a palhada de milho. Pato Branco - PR, 2022**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

dade de extração de K pela braquiária é habitualmente maior à quantidade de N, assim como verificado no presente trabalho.

### 4.3 Milho

Na Figura 7 constam as produtividades médias de milho do experimento, em cada um dos tratamentos, observadas na colheita manual. A análise de variância (Apêndice 10), revelou que houve efeito significativo da antecipação da adubação nitrogenada, aplicada na palhada do milho, sobre a produtividade de grãos de milho ( $P = 0.0205$ ).

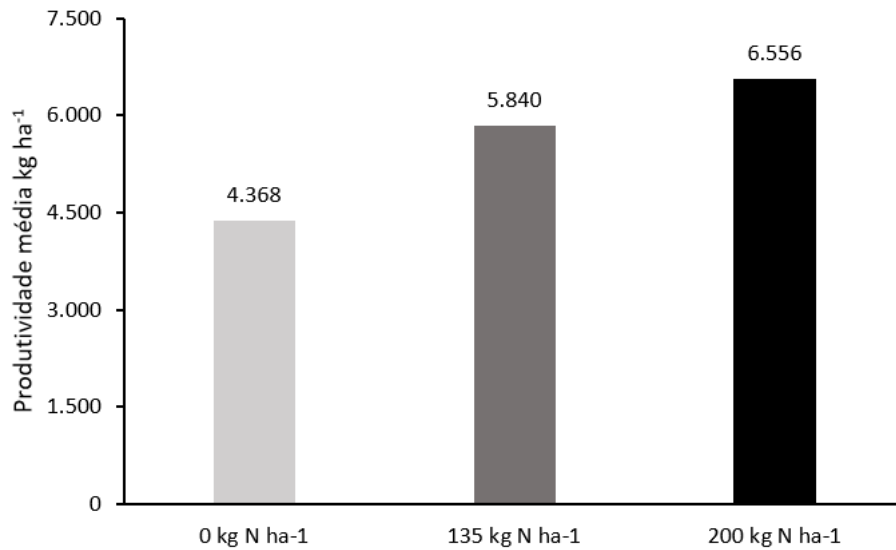
Na Figura 8 constam as produtividades médias do milho do experimento, em cada um dos tratamentos, observadas na colheita mecânica.

A produtividade média de grãos de milho da safra 21/22 foi  $5.248 \text{ kg ha}^{-1}$  a nível nacional e  $4.973 \text{ kg ha}^{-1}$  no estado do Piauí, segundo a CONAB (2022). Considerando o nível tecnológico aplicado no experimento, a produtividade média do experimento encontra-se abaixo das expectativas.

Houve um extenso período de seca durante o ciclo da cultura (Figura 1), o que afetou diretamente o desenvolvimento da cultura, resultando em perda de produtividade. O milho é exigente em precipitação para que possa manifestar seu potencial produtivo, apresentando necessidade entre 400 à 700 mm acumulados durante todo o ciclo, e consumo diário entre 4 à 6 mm/dia (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Segundo Albuquerque e Resende (2002), o período de maior exigência hídrica é na fase do embonecamento (estádio de desenvolvimento R1,



**Figura 8 – Média de produtividade de grãos de milho realizado por meio de colheita mecânica em função da antecipação da adubação nitrogenada sobre a palhada de milho. Pato Branco - PR, 2022**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

caracterizado pelo momento em que os estilo-estigmas da espiga ficam visíveis fora da palha), e déficits nesse período podem causar redução de 40 a 50% de produtividade.

Além disso, volumes pluviométricos foram acumulados no mês de junho de 2022, no momento em que estava programado para realizar a colheita da cultura do milho, o que adiou a operação e abriu espaço para o rápido e abundante desenvolvimento da braquiária (Figura 9), resultando em competição entre as culturas por nutrientes, água e luz, e influência negativa sobre o milho.

**Figura 9 – Visão de dentro da máquina da colheita do milho que estava em consórcio com a braquiária**



**Fonte: Assmann (2022).**

Em ambas as situações (colheita mecanizada e colheita manual), constata-se um aumento de produtividade à medida que ocorre o aumento das doses de nitrogênio aplicadas em antecipação sobre a palhada de milho. Os rendimentos de grãos do segundo e terceiro tratamentos foram superiores às médias brasileira e piauiense, ou seja, a antecipação da adubação nitrogenada para o milho pode trazer aumento dos resultados de produtividade em condições edafoclimáticas ideais.

As análises de variância conforme Apêndices 12 e 11 revelaram que não houve efeito significativo para as variáveis diâmetro de espiga ( $P = 0.5417$ ) e comprimento de espiga ( $P = 0.8458$ ), que apresentaram valores médios, respectivamente, de 47,8 mm e 15,9 cm.

## **5 CONCLUSÕES**

Existe a tendência do aumento da produtividade de grãos de milho em função do aumento da dose de nitrogênio aplicada em pré semeadura do milho.

Os resultados de produtividade de grãos de milho foram prejudicados devido à intensidade da competição entre a cultura do milho com a cultura da braquiária consorciada.

## REFERÊNCIAS

- Abimilho. **Estatísticas de milho**. 2022. Disponível em: <http://abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 28 out. 2022.
- AGUIAR, T. d. J. A. d.; MONTEIRO, M. d. S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do Cerrado piauiense. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, p. 161–178, 2005. ISSN 1414-753X, 1809-4422. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/asoc/a/hW5qM7c8wrTTVGDmRkJxpP/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. d.; RESENDE, M. Cultivo do milho: manejo de irrigação. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 6, 2002. ISSN 1679-0162. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/487012/cultivo-do-milho-manejo-de-irrigacao>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, 2001. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/485005>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M. Manejo de solos: plantas de cobertura de solo. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 4, 2008. ISSN 1679-012X. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35330/1/Plantas-cobertura.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Ithaca, NY: International Potash Institute, 1975. Acesso em: 17 out. 2022.
- ASSMANN, T. S. Fotografias do acervo pessoal. 2022.
- BARROS, J. C.; CALADO, J. M. G. **A cultura do milho**. 2014. Tese (PhD Thesis) — Universidade de Évora, Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.
- BATISTA, K. *et al.* Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1154–1160, 2011. ISSN 0100-204X, 1678-3921. Publisher: Embrapa Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa Agropecuária Brasileira. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/5ZfczBVjFDvLqJ4Z4tBB8cd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 out. 2022.
- BOER, C. A. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1269–1276, 2007. ISSN 0100-204X, 1678-3921. Publisher: Embrapa Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa Agropecuária Brasileira. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/K3BFqHMnz9FvByG6d3Zy8pc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 163–171, fev. 2007. ISSN 0100-204X, 1678-3921. Publisher: Embrapa Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa Agropecuária Brasileira. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/P4GFXrq4qznRSxbHdp7746d/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 out. 2022.

- BRAZ, A. J. B. P. *et al.* Acumulação de nutrientes em folhais de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 83–87, 2004. ISSN 1983-4063. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2315>. Acesso em: 27 nov. 2022.
- CAMPOS, M. D.; ANTONANGELO, J. A.; ALLEONI, L. R. F. Phosphorus sorption index in humid tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 110–118, 2016. ISSN 0167-1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198715300362>. Acesso em: 08 nov. 2022.
- CARPIM, L. K. *et al.* Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. 2813–2819, 2008. ISSN 0100-0683. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000700027&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000700027&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 21 out. 2022.
- CASSIMIRO, J. B. **Volatilização, nitrogênio no solo e produtividade de capim marandu com a aplicação de fertilizantes nitrogenados com eficiência aumentada**. 2020. Tese (PhD Thesis) — Universidade Estadual de São Paulo, Dracena, SP, 2020. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204645/cassimiro\\_jb\\_me\\_bdr.pdf?sequence=3&isAllowed=yf](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204645/cassimiro_jb_me_bdr.pdf?sequence=3&isAllowed=yf). Acesso em: 17 out. 2022.
- CECCON, G. *et al.* **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Accepted: 2014-08-09T07:10:46Z. ISBN 978-85-7035-274-3. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/982597>. Acesso em: 30 out. 2022.
- CECCON, G. *et al.* Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 204–212, fev. 2013. ISSN 1806-9657. Publisher: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/zknRCk3F4ykTMxGX8ZMwWWM/?lang=en>. Acesso em: 30 out. 2022.
- COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. **Circular Técnica**, v. 78, 2006. ISSN 1679-1150. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- COELHO, A. M.; PEREIRA FILHO, I. A. A importância do milho na disponibilização de potássio. **Campo&Negócios**, 2012. Accepted: 2012-05-30T11:11:11Z Publisher: Campo & Negócios, Uberlândia, v. 10, n. 110, p. 40-42, abr. 2012. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/925821>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- COELHO, J. D. Milho: produção e mercados. **Caderno Setorial ETENE**, p. 11, 2021. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/910/1/2021\\_CDS\\_182.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/910/1/2021_CDS_182.pdf). Acesso em: 17 out. 2022.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2021/22 - 12º Levantamento**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- CORRÊA, L. d. A.; SANTOS, P. M. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*. **Documentos**, n. 34, p. 36, 2003. ISSN 1518-4757. Acesso em: 29 out. 2022.
- COSTA, K. A. d. P. *et al.* Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaquia brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, v. 11, n. 2, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/4043>. Acesso em: 19 nov. 2022.

- COSTA, K. A. d. P. *et al.* Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. marandu. **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, v. 6, n. 3, p. 187–193, 2005. ISSN 1809-6891. Number: 3. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/365>. Acesso em: 29 out. 2022.
- CRUZ, J. C. *et al.* Cultivo do milho: plantio. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 6, 2010. ISSN 1679-012X. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.
- CRUZ, S. C. S. *et al.* Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 733–739, 2008. ISSN 1679-9275, 1807-8621. Publisher: Editora da Universidade Estadual de Maringá - EDUEM. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/asagr/a/5FzL4Twp3THbRG8Z7p7dtPy/?lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- CRUZ, S. C. S. U. *et al.* Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, p. 633, 2009. ISSN 1807-8621. Accepted: 2014-05-20T13:20:17Z Publisher: Editora da Universidade Estadual de Maringá (EDUEM). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/5627>. Acesso em: 30 out. 2022.
- DIEKOW, J. **Antecipação da adubação nitrogenada em milho cultivado no sistema plantio direto, em sucessão à aveia preta**. 2000. Tese (PhD Thesis) — Universidade Federal de Santa Maria, 2000. Acesso em: 17 out. 2022.
- DUARTE, A. P.; KURIHARA, C. H.; CANTARELLA, H. **Adubação de milho safrinha em consórcio com braquiária**. Brasília, DF: [s.n.], 2013. ISBN 978-85-7035-274-3. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/982644/adubacao-de-milho-safrinha-em-consorcio-com-braquiaria>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Florianópolis: [s.n.], 2003. Disponível em: <https://paulorobertoernani.files.wordpress.com/2016/10/adubac3a7c3a3o-nitrogenada-para-a-macieira1.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. ISBN 85-85347-57-0. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001078278>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 63–70, 2012. ISSN 1983-4063. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/14867>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- FERREIRA, A. C. d. B. *et al.* Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 131–138, 2001. ISSN 1678-992X. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/sa/a/vRzmJDvprSPdZb5hkCHQkTJ/?lang=pt>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- FIESP. **Safra mundial de milho 2020/21 - 8º levantamento do USDA**. 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1721–1732, 2009. ISSN 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/nG9JHwSXdzW3rqpQM3Z7bDN/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2021.

GARCIA, R. A. *et al.* Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 579–585, 2008. ISSN 1161-0301. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030108000038>. Acesso em: 19 nov. 2022.

GOTT, R. M. *et al.* Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 24–34, 2014. ISSN 1980-6477. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/445>. Acesso em: 17 nov. 2021.

IBGE. Valor de produção bate recorde, mas safra 2021 não supera ano anterior. **Agência de Notícias - IBGE**, 2022. Section: Estatísticas Econômicas. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34943-valor-de-producao-bate-recorde-mas-safra-2021-nao-supera-ano-anterior>. Acesso em: 10 nov. 2022.

INMET. **Instituto nacional de meteorologia**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 12 nov. 2022.

JAKELAITIS, A. *et al.* Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/44444666\\_Efeitos\\_de\\_densidade\\_e\\_epoca\\_de\\_emergencia\\_de\\_Brachiaria\\_brizantha\\_em\\_competicao\\_com\\_plantas\\_de\\_milho\\_Effects\\_of\\_density\\_and\\_emergence\\_period\\_of\\_Brachiaria\\_brizantha\\_in\\_competition\\_with\\_maize\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/44444666_Efeitos_de_densidade_e_epoca_de_emergencia_de_Brachiaria_brizantha_em_competicao_com_plantas_de_milho_Effects_of_density_and_emergence_period_of_Brachiaria_brizantha_in_competition_with_maize_plant). Acesso em: 30 out. 2022.

KAGIMURA, L. T. *et al.* **Antecipação da adubação nitrogenada e índice nutricional nitrogenado do milho em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2019. Tese (PhD Thesis) — Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: [http://rpcs2019.com.br/trabalhos\\_aprovados/arquivos/04242019\\_100431\\_5cc061ebaf46f.pdf](http://rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/04242019_100431_5cc061ebaf46f.pdf). Acesso em: 17 out. 2022.

KARAM, D. *et al.* Manejo das forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* consorciadas com o milho em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2009. ISSN 0100-9915. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2010/22387/1/Circ-130.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

KRAKEKER, A. M. **Fontes de nitrogênio no cultivo do milho**. 2018. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018. Acesso em: 17 out. 2022.

LEITE, L. F. C. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre latossolo amarelo no Cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 29–35, 2010. ISSN 0045-6888, 1806-6690. Publisher: Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rca/a/QTs7BSnmRmXNtq6hgC8nSPN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2022.

MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 1, 2003. ISSN 1679-1150. Acesso em: 17 out. 2022.

MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES JUNIOR, F. P. Teores de nutrientes no milheto como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 196–204, 2011. ISSN 1981-3163. Number: 2. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7564>. Acesso em: 12 nov. 2022.

- MARTINS, I. S. **Doses, épocas e modos de aplicação da ureia comum e revestida na cultura do milho**. 2013. Tese (PhD Thesis) — Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2013. Acesso em: 17 out. 2022.
- MENGEL, D. B.; BARBER, S. A. Development and distribution of the corn root system under field conditions. **Agronomy Journal**, v. 66, n. 3, p. 341–344, 1974. ISSN 0002-1962, 1435-0645. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj1974.00021962006600030002x>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- MERGENER, R. A. **Fontes e doses de fertilizantes e eficiência de uso do nitrogênio à produção e rentabilidade de milho**. 2020. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020. Acesso em: 17 out. 2022.
- MMA. Cerrado. **Ministério do Meio Ambiente**, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- NETTO, D. A. M. A cultura do milheto. **Embrapa Milho e Sorgo**, 1998. ISSN 0101-5605. Acesso em: 17 out. 2022.
- OLIVEIRA FILHO, E. C. d.; LIMA, J. E. F. W. Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do Cerrado. **Documentos**, v. 56, 2002. ISSN 1517-5111. Acesso em: 17 out. 2022.
- OLIVEIRA, I. P. d. *et al.* Considerações sobre a acidez dos solos de Cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v. 1, p. 12, 2005. ISSN 1808-8597. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/213856>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- ORIOLO, F. P. **Antecipação da adubação nitrogenada na cultura do milho sob pastagem de capim braquiária**. 2008. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008. Acesso em: 17 out. 2022.
- PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 1, 2006. ISSN 1679-1150. Acesso em: 17 out. 2022.
- PARIZ, C. M. *et al.* Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 875–882, 2011. ISSN 0103-8478. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782011000500023&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000500023&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 19 nov. 2022.
- PARIZ, C. M. *et al.* Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2029–2037, 2011. ISSN 1806-9657. Publisher: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/WLhPV8yg9BLQjYjvXRRk4Zz/?lang=en>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- PEREIRA-FILHO, I. A. *et al.* Manejo da cultura do milheto. **Circular Técnica**, v. 29, n. 1, 2003. ISSN 1518-429. Acesso em: 17 out. 2022.
- PRIMAVESI, A. C. *et al.* Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 562–568, 2006. ISSN 1413-7054, 1981-1829. Publisher: Editora da UFLA. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cagro/a/HPSMxKDj8N8tpnV7j4SvBWJ/?lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- REATTO, A. *et al.* **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa, 2004. ISBN 85-7383-230-4. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>. Acesso em: 17 out. 2022.



- RESENDE, A. V. d. *et al.* Cultivo do milheto. **Embrapa Milho e Sorgo**, n. 5, 2016. ISSN 1679-012X. Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao16\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=8101&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicId=9021](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8101&p_r_p_-996514994_topicId=9021). Acesso em: 08 nov. 2022.
- SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: alternativa para cobertura de solo e alimentação animal. **Embrapa Agropecuária Oeste**, v. 10, 1998. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/240532/1/Milheto.pdf>.
- SANDINI, I. E. *et al.* Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, n. 8, p. 1315–1322, 2011. ISSN 1678-4596. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782011000800004&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000800004&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2021.
- SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. d. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 507–517, 2007. ISSN 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/8Btmrhx7n5fVZM4y5hsXJLv/abstract/?lang=en>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SARTOR, L. R. *et al.* Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 661–669, abr. 2012. ISSN 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/W4zmFvgCSsJnhCCt75fWGWC/?lang=en>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SÈGUY, L. *et al.* **Gestão da fertilidade nos sistemas de cultura mecanizados nos trópicos úmidos: o caso das frentes pioneiras dos Cerrados e florestas úmidas no centro norte do Mato Grosso**. Ponta Grossa: Instituto Agronômico do Paraná, 1997. Disponível em: <http://agritrop.cirad.fr/464796/>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- SILVA, C. R. d.; SOUZA, K. B. d.; FURTADO, W. F. Avaliação do avanço da agricultura intensiva no Cerrado piauiense. **Engevista**, v. 16, n. 3, p. 432–439, 2014. ISSN 2317-6717. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8977>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SILVA, E. C. d. *et al.* Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em latossolo vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 477–486, 2006. ISSN 0100-204X, 1678-3921. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/JLMrYvZpmbDmFzJ4xGprb6Q/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SKORA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 10, p. 1165–1171, 1993. Acesso em: 12 nov. 2022.
- SORATTO, R. P. *et al.* Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 511–518, 2010. ISSN 0045-6888, 1806-6690. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rca/a/v7DkYFhkgwmZFqrT6XjWSgR/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- SOUZA, M. A. d. **Fenologia e morfologia reprodutivas de ecótipos de <i>Brachiaria</i> spp.** 1995. Tese (PhD Thesis) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1995. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20191108-111336/publico/SouzaMarcoAntonio.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Brasil: Artmed, 2017. Acesso em: 17 out. 2022.

TEDESCO, M. J. *et al.* Análises de solo, plantas e outros materiais. **Scribd**, n. 2, p. 174, 1995. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/41082320/Tedesco-et-al-1995>. Acesso em: 24 nov. 2021.

TEIXEIRA, C. M. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647–653, 2009. ISSN 1679-9275, 1807-8621. Publisher: Editora da Universidade Estadual de Maringá - EDUEM. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/asagr/a/XNjPp6rtWYCS9Qg6CWnPDqQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 08 nov. 2022.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. Accepted: 2016-10-19T02:21:38Z. ISBN 978-85-948901-0-8. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/149123>. Acesso em: 08 nov. 2022.

WERNER, J. C. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de São Paulo, 1997. Disponível em: [http://www.etecsaosimao.com.br/\\_documentos/\\_pdf/\\_apoio\\_ao\\_aluno/\\_livros/BOLETIM\\_100\\_IAC\\_Completo.pdf](http://www.etecsaosimao.com.br/_documentos/_pdf/_apoio_ao_aluno/_livros/BOLETIM_100_IAC_Completo.pdf). Acesso em: 08 nov. 2022.

## **APÊNDICE A – Tabelas de análise de variância dos dados do experimento**

**Tabela 3 – Análise de variância da produtividade de matéria seca de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	1,868	2	9,340	0,97	0,4052
B:Bloco	4,910	7	7,015		
RESIDUAL	1,252	13	9,637		
TOTAL (CORRECTED)	1,953	22			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 4 – Análise de variância da concentração de nitrogênio na palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	0,1628	2	0,0814	3,92	0,0467
B:Bloco	0,1720	7	0,0245		
RESIDUAL	0,2703	13	0,0207		
TOTAL (CORRECTED)	0,6229	22			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 5 – Análise de variância da concentração de fósforo na palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	0,0008	2	0,0004	0,16	0,8508
B:Bloco	0,0235	7	0,0033		
RESIDUAL	0,0328	13	0,0025		
TOTAL (CORRECTED)	0,0565	22			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 6 – Análise de variância da concentração de potássio na palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	0,3101	2	0,1550	1,02	0,3878
B:Bloco	0,8915	7	0,1273		
RESIDUAL	1,9770	13	0,1520		
TOTAL (CORRECTED)	3,1017	22			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 7 – Análise de variância da extração de nitrogênio pela palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	4292,64	2	2146,32	1,72	0,2149
B:Bloco	3412,97	7	487,56		
RESIDUAL	17477,00	14	1248,36		
TOTAL (CORRECTED)	25182,60	23			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 8 – Análise de variância da extração de fósforo pela palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	55,76	2	27,8804	1,46	0,2665
B:Bloco	228,18	7	32,5976		
RESIDUAL	268,12	14	19,1518		
TOTAL (CORRECTED)	552,07	23			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 9 – Análise de variância da extração de potássio pela palhada de braquiária em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	19644,3	2	9822,13	1,20	0,3290
B:Bloco	39711,5	7	5673,07		
RESIDUAL	114148,0	14	8153,42		
TOTAL (CORRECTED)	173504,0	23			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 10 – Análise de variância da produtividade de grãos de milho em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Nantecipa	2,947	2	1,473	7,97	0,0205
B:Bloco	669636,000	3	223212,000		
RESIDUAL	1,109	6	184991,000		
TOTAL (CORRECTED)	4,726	11			

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 11 – Análise de variância do comprimento de espiga em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Nantecipa	0,2106	2	0,10531	0,17	0,8458
B:Bloco	3,1291	3	1,04306		
RESIDUAL	11,2152	18	0,62306		
TOTAL (CORRECTED)	14,5550	23			

**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Tabela 12 – Análise de variância do diâmetro de espiga em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas antecipadamente na palhada de milho. Pato Branco - PR, 202**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Nantecipa	8,456	2	4,22823	0,63	0,5417
B:Bloco	3,468	3	1,15622		
RESIDUAL	119,977	18	6,66541		
TOTAL (CORRECTED)	131,902	23			

**Fonte: Autoria própria (2023).**