

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM
COBERTURA NA SUCESSÃO MILHO-SOJA**

Bruno Lenhart Pinheiro

Dourados
Mato Grosso do Sul
2024

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM
COBERTURA NA SUCESSÃO MILHO-SOJA**

Bruno Lenhart Pinheiro

Orientadora: Profa. Dra. Elisângela Dupas

Dissertação apresentada à
Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia-
Produção Vegetal, para obtenção
do título de Mestre em Agronomia.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2024


"EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA
SUCESSÃO MILHO-SOJA."

por


BRUNO LENHART PINHEIRO

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA


Aprovada em: (04/03/2024).

Documento assinado digitalmente
 **ELISANGELA DUPAS**
Data: 29/04/2024 11:03:25-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Elisângela Dupas
UFGD

Documento assinado digitalmente
 **ALESSANDRA MAYUMI TOKURA ALOVISI**
Data: 30/04/2024 10:04:03-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovisei
UFGD

Documento assinado digitalmente
 **WAGNER DO NASCIMENTO**
Data: 30/04/2024 08:46:40-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Vagner do Nascimento
UNESP

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P654e Pinheiro, Bruno Lenhart
EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA
NA SUCESSÃO MILHO-SOJA [recurso eletrônico] / Bruno Lenhart Pinheiro. -- 2024.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Elisângela Dupas.
Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Fertilidade de solo. 3. Matéria orgânica. 4. Nutrição de plantas. 5.
Manejo de solo. I. Dupas, Elisângela. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Dedico esta dissertação aos que me inspiraram com sabedoria, paciência e apoio incondicional ao longo desta jornada acadêmica. À minha família, que sempre foi a base sólida em que construí meus sonhos. Aos amigos e colegas, pela troca de experiências enriquecedoras. Aos professores e orientadores, pelo conhecimento compartilhado e pela orientação valiosa. Este trabalho é dedicado a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Grande Dourados através da Faculdade de Ciências Agrárias pela oportunidade de formação e seguimento da carreira acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À minha professora orientadora Profa. Dra. Elisângela Dupas, pelo exemplo de profissionalismo, pelo exemplo de pessoa e caráter, por aceitar me orientar e acreditar em mim, além de, uma excelente orientadora e professora.

Ao meu namorado Renan Marré Biazatti, pelo companheirismo na vida e na pesquisa, pela co-orientação indireta, por estar presente nos momentos difíceis da pós-graduação, por partilhar comigo seu trabalho, pesquisa e conhecimento e por fim sua amizade.

A meu pai Sebastião Pinheiro a minha mãe Clarice Lenhart Pinheiro que sempre acreditaram em mim, incentivaram e acreditaram em meus sonhos e minhas escolhas, somente gratidão, amo vocês.

Aos meus irmãos Eduardo Lenhart Pinheiro e Camila Lenhart Pinheiro, obrigado por acreditarem em mim, amo vocês, a minha cunhada Iverlene Uteinski Pinheiro e sobrinho/afilhado Murilo Uteinski Pinheiro, cunhado Eduardo Philip, cunhada Scheila Biazatti e meus sogros Gloria Marré Biazatti e Jadir Biazatti pelo apoio, muito obrigado.

Aos amigos que fiz e que foram importantes nessa jornada James Luan Leite, Jaqueline Maronez Rosa, Rafael Lima Carvalho, Leandro Miranda, Caroline Taira, Tiago Taira, Rosemeire Gauna, Erica Kono, Ricardo Kono, Natalia Lima, entre outros muito obrigado.

E a Deus que sempre está me cuidando e guiando sejam quais forem minhas escolhas.

MUITO OBRIGADO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. HIPÓTESE.....	15
3. OBJETIVOS.....	15
3.1 OBJETIVO GERAL.....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1. Cultura do milho e da soja.....	16
4.1.1. Cultura do milho.....	16
4.1.2. Cultura da soja.....	17
4.2. Sucessão soja/milho e aporte nutricional.....	17
4.3. Nitrogênio para a cultura do milho e da soja.....	19
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 Local e caracterização dos ambientes.....	20
5.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	21
5.3 Manejo e condução das culturas.....	21
5.4 - Avaliações.....	24
5.4.1 - Avaliações na cultura do milho.....	24
5.4.2 - Avaliações na cultura da soja.....	24
5.4.3 Atributos químicos do solo.....	25
5.5 Análise estatística dos resultados obtidos.....	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6.1 Atributos químicos do solo na camada de 00-0,20 m.....	25
6.2 Atributos químicos do solo na camada de 0,20-0,40 m.....	34
6.3 Ciclagem de nutrientes.....	41
6.3.1 Decomposição da matéria seca de milho.....	41
6.3.2 Liberação de nitrogênio do resíduo vegetal de milho.....	43
6.4 Concentração de macro e micronutrientes no material vegetal da cultura do milho.....	45
6.5 Concentração de macro e micronutrientes de material vegetal da cultura da soja.....	50
6.6 Componentes de produção da cultura do milho nas safras 2022 e 2023.....	54
6.7 Componentes de produção da cultura da soja.....	59
CONCLUSÃO.....	64
REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	72

Lista de Tabelas

Tabela 1- Demonstrativo de cultivares utilizadas, período de semeadura e colheita das culturas do milho e da soja nas safras 2022 e 2023.	22
Tabela 2- Índice de pH CaCl ₂ , teores de H+Al, alumínio (Al), soma de bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%) na camada de 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.	26
Tabela 3- Teores de matéria orgânica (M.O), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na camada de 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.	31
Tabela 4- Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) na camada de 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.	33
Tabela 5- Índice de pH CaCl ₂ , teores de H+Al, alumínio (Al), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (v%) na camada de 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.	34
Tabela 6- Teores de matéria orgânica (M.O), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na camada de 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.	39
Tabela 7- Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) na camada de 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.	41
Tabela 8- Parâmetros do modelo não linear ajustados à matéria seca de milho fertilizado por doses de nitrogênio (N) aplicados na cultura do milho na safra de 2022, Dourados-MS.	42
Tabela 9- Parâmetros do modelo não linear ajustados à liberação de nitrogênio de resíduo da cultura do milho afetado por doses de nitrogênio (N) aplicados na cultura do milho na safra de 2022, Dourados-MS.	44
Tabela 10- Concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.	46
Tabela 11 - Concentração foliar de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.	49
Tabela 12 - Concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.	51
Tabela 13- Concentração foliar de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.	53

Tabela 14- Altura de plantas (ALT), altura de inserção de 1ª espiga (ALTIE), número de grãos por espiga (NGE), número de fileira por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), peso de mil grãos (PMG) e produtividade da cultura do milho nas safras 2022 e 2023 fertilizadas com doses de nitrogênio, Dourados-MS..... 55

Tabela 15 - Altura de plantas (ALT), altura de inserção de 1ª vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), nudulação, peso de mil grãos (PMG) e produtividade da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS. 60

Lista de Figuras

Figura 1 - Precipitação mensal (mm) e média mensal das temperaturas máxima e mínima (C°) nos anos de 2022 e 2023 na FAECA-UFGD em Dourados-MS.....	21
Figura 2- Valores de pH CaCl ₂ (A) e teores de H+Al (B) na camada de 0-0,20 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.	27
Figura 3-Teor de alumínio (Al)-(A), Soma de Bases (SB)-(B), Capacidade de Troca Catiônica (CTC)-(C) e Saturação por Bases (V%)-(D) na camada de 0-0,20 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira safra), Dourados-MS.	28
Figura 4-Teores de cálcio (Ca)-(A) e magnésio (Mg)-(B) na camada de 0-0,20 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.	32
Figura 5-Valores de pH CaCl ₂ (A) e H+Al (B) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.	35
Figura 6-Teor de Alumínio (Al)-(A), Soma de Bases (SB)-(B), Capacidade de Troca Catiônica (CTC)-(C) e Saturação por Bases (V%)-(D) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.	36
Figura 8- Teor de H+Al na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita da soja da safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta). Dourados-MS.	37
Figura 9-Teor de Alumínio (Al) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita da soja da safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta), Dourados-MS....	38
Figura 10-Saturação por Bases (V%) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta), Dourados-MS.	38
Figura 7-Teor de cálcio (Ca)-(A) e magnésio (Mg)-(B) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.	40
Figura 11-Taxa de decomposição do resíduo vegetal de milho em dias sob doses de nitrogênio. ..	42
Figura 12-Taxa de liberação de nitrogênio dos resíduos vegetais de milho sob a adubação nitrogenada.....	43
Figura 13-Quantidade de nitrogênio liberado do resíduo vegetal de milho em função do tempo e doses de nitrogênio.....	45
Figura 14-Concentrações de fósforo (P)- (A) e potássio (K)-(B) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras 2022 e 2023, Dourados-MS.....	47
Figura 15-Concentração de magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) na safra 2023, Dourados-MS.	48
Figura 16 - Concentração de manganês (Mn)-(A) e ferro (Fe)-(B) da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio na safra 2022 e safra 2023, Dourados-MS.	50
Figura 17- Concentração de nitrogênio (N) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.....	51
Figura 18- Número de nódulos no sistema radicular na cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.....	52
Figura 19- Concentração de potássio (K) nas folhas diagnósticas na cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.....	53

Figura 20- Concentração de manganês (Mn) e ferro (Fe) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.	54
Figura 21- Altura de plantas de milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) na safra 2022, Dourados-MS.	56
Figura 22-Altura de inserção da primeira espiga na cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras 2022 e 2023, Dourados-MS.	57
Figura 23- Peso de mil grãos (PMG) da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.	57
Figura 24- Produtividade da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.	58
Figura 25- Altura de plantas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.	60
Figura 26- Altura de inserção da primeira vagem na cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.	61
Figura 27- Peso de mil grãos (PMG) da cultura sob efeito residual de dose de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.	62
Figura 28- Produtividade da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra de 2022/2023, Dourados-MS.	62

EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA SUCESSÃO MILHO-SOJA

RESUMO - É de conhecimento científico e prático que não é necessário fazer a adubação nitrogenada mineral na cultura da soja, pois ela adquire o nitrogênio (N), principalmente através da fixação biológica de N (FBN), da matéria orgânica do solo e das precipitações atmosféricas. Neste sentido, há a necessidade de mais estudos envolvendo a disponibilidade de N para a cultura da soja, através do N residual do material vegetal de milho no cultivo em sucessão milho/soja. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada na cultura do milho sobre componentes de produção e a produtividade do milho, residual de N proveniente da decomposição de resíduos vegetais da cultura do milho sobre a nodulação e os componentes de produção e produtividade da soja cultivada em sucessão e atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, no município de Dourados – MS, nos anos de 2022 a 2023. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 24 parcelas de 60 m² (12 x 5 m), constituídas por seis doses de N (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a ureia), aplicadas uma única vez em cobertura na cultura do milho no estágio fenológico V4 nas safras 2022 e 2023, considerada cultura de segunda safra, e em sequência foi implantada a cultura da soja primeira safra na safra 2022/2023. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico. No milho e na soja foram coletadas 10 folhas diagnósticas para avaliação das concentrações de macro e micronutrientes; os componentes de produção, e foi coletado solo nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,40 m para a determinação dos atributos químicos do solo após a colheita do milho safra 2022 e da soja safra 2022/23. A utilização de adubação nitrogenada foi eficiente para os componentes de produção da cultura do milho e da soja, pois houve aumento linear das características conforme se incrementou as doses de N, respondendo em produtividade. Houve influência da temperatura e da precipitação sobre a produtividade do milho nas safras 2022 e 2023 com diferença de 57,6% maior para a safra 2023. A adubação nitrogenada também interferiu direta e indiretamente na disponibilidade dos demais nutrientes, além aumentar a acidez do solo e aumentar os teores de Al³⁺. Conclui-se que a adubação nitrogenada na cultura do milho foi suficiente para atender a necessidade de N da cultura do milho e também da cultura da soja e, que a decomposição de restos vegetais de milho liberou N mineral gradativamente para o solo e foi aproveitado pelas plantas. Entretanto, ficou claro que deve-se ter cautela com a utilização de doses superiores a 120 kg ha⁻¹ de N para não acidificar o solo e prejudicar a disponibilidade dos demais nutrientes. A FBN foi afetada pelas doses de N, interferindo na nodulação e na ação das bactérias fixadoras de N, conforme incrementou-se as doses. Este estudo contribui para melhorar o uso da adubação nitrogenada no milho, em resposta aos componentes de produção e produtividade, e compreender o residual de N que a decomposição do resíduo vegetal de milho proporciona para a cultura da soja sobre a nodulação, componentes de produção e produtividade em sucessão. A dose de 150 kg ha⁻¹ de N respondeu de forma significativa para os componentes de produção e em produtividade para o milho e para a soja.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; fertilidade de solo; matéria orgânica; nutrição de plantas; manejo de solo.

RESIDUAL EFFECT OF TOPDRESSING NITROGEN APPLICATION IN CORN-SOYBEAN SUCCESSION

ABSTRACT - It is scientific and practical knowledge that mineral nitrogen fertilization is not necessary in soybean cultivation, as it primarily acquires nitrogen (N) through biological nitrogen fixation (BNF), soil organic matter, and atmospheric precipitation. In this regard, there is a need for further studies involving nitrogen availability for soybean cultivation, through residual nitrogen from corn plant material in corn/soybean succession cropping. Thus, the objective was to evaluate the effect of nitrogen fertilization in corn cultivation on production components and yield of corn, residual N from the decomposition of corn plant residues on soybean nodulation, production components, yield, and soil chemical attributes. The experiment was conducted at the Experimental Farm of Agricultural Sciences of the Federal University of Grande Dourados - UFGD, in Dourados, MS, from 2022 to 2023. The experimental design was randomized blocks, with 24 plots of 60 m² (12 x 5 m), consisting of six nitrogen doses (0, 30, 60, 90, 120, and 150 kg ha⁻¹ of N, sourced from urea), applied once as topdressing in corn cultivation at the V4 phenological stage in the 2022 and 2023 seasons, considered second-crop corn. Subsequently, first-crop soybean was planted in the 2022/2023 season. The soil is classified as Dystroferic Red Latosol. In both corn and soybean, 10 diagnostic leaves were collected for evaluation of macro and micronutrient concentrations, production components, and soil samples were collected from the 0-0.20 and 0.20-0.40 m layers to determine soil chemical attributes after corn harvest in 2022 and soybean harvest in 2022/23. The use of nitrogen fertilization was efficient for production components of both corn and soybean, as there was a linear increase in characteristics with increasing nitrogen doses, resulting in productivity. Temperature and precipitation influenced corn productivity in the 2022 and 2023 seasons, with a 57.6% higher difference in the 2023 season. Nitrogen fertilization also directly and indirectly influenced the availability of other nutrients, besides increasing soil acidity and raising Al³⁺ levels. It is concluded that nitrogen fertilization in corn cultivation was sufficient to meet the nitrogen needs of both corn and soybean crops, and that the decomposition of corn plant residues gradually released mineral nitrogen into the soil, which was utilized by the plants. However, it became evident that caution should be exercised with doses exceeding 120 kg ha⁻¹ of N to avoid soil acidification and impair the availability of other nutrients. Biological nitrogen fixation (BNF) was affected by nitrogen doses, influencing nodulation and the action of nitrogen-fixing bacteria as doses increased. This study contributes to improving the use of nitrogen fertilization in corn, in response to production components and productivity, and understanding the residual nitrogen provided by the decomposition of corn plant residue for soybean cultivation regarding nodulation, production components, and productivity in succession. The dose of 150 kg ha⁻¹ of N significantly responded to production components and productivity for both corn and soybean.

Keywords: Nutrient cycling; soil fertility; organic matter; plant nutrition; soil management.

1. INTRODUÇÃO

A soja é o grão mais produzido no Brasil e foi observado maior incremento de áreas com plantio da soja na safra 2022/23, com produção estimada de 154,6 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Já o milho, é o segundo grão mais produzido no Brasil e há estimativa no aumento da produção do cultivo de 2ª safra. No somatório das três safras do cereal, a produção deverá chegar a 131,9 milhões de toneladas, incremento de 18,7 milhões de toneladas do obtido no ciclo anterior (CONAB, 2023).

A fertilidade do solo e a nutrição das culturas são de importância para alcançar altas produtividades, assim, o nitrogênio (N) é importante, pois é constituinte de estruturas e enzimas, responsável pela divisão celular, participa na composição de substâncias promotoras de crescimento, atua na solubilização de fosfatos, na resistência da planta a estresses e é componente da molécula de clorofila; importante para o desenvolvimento das plantas e diretamente relacionado com o alto rendimento das culturas (SOUZA, 2019).

Sendo a disponibilidade de N no solo afetada por diversos fatores como temperatura, pluviosidade e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Em deficiência, o N promove clorose nas folhas velhas e inibe a síntese de clorofila, deixando a planta susceptível a doenças, ataque de pragas, estresse por déficits hídrico e afeta a síntese proteica, acarretando prejuízos no crescimento e desenvolvimento das culturas (MORRIS et al., 2018).

O manejo do solo e a escolha da cobertura do solo estão diretamente ligados à disponibilidade de N para o sistema de cultivo. No sistema de cultivo em sucessão soja/milho, o milho fornece resíduos vegetais ao sistema com relação C:N maior, resultando em decomposição lenta e liberação gradual de nutrientes para as plantas. Por outro lado, a cultura da soja cicla nutrientes, apresentando relação C:N menor e decomposição rápida, o que resulta em fornecimento rápido dos nutrientes.

Sendo assim, se o N for manejado no cultivo do milho safrinha com ou sem a associação plantas forrageiras como a braquiária, há uma contribuição direta entre a cultura do milho e da soja em cultivos sucessivos, principalmente na produtividade (CORRENDO et al., 2022).

Entretanto, há muitos estudos abordando o manejo de N no cultivo do milho, porém, poucos com o objetivo de compreender melhor o fornecimento de N através da decomposição dos resíduos vegetais do milho para a cultura da soja em cultivo em sucessão.

O N é disponibilizado para a cultura do milho em cobertura uma única vez ou parcelado de acordo com a necessidade da cultura, sendo o recomendado a aplicação em estágio fenológico V4 á V6.

A aquisição de N pela cultura da soja ocorre através da fixação biológica de N, matéria orgânica do solo e precipitações atmosféricas. Entretanto, Moraes (2020), trabalhando com diagnose da composição nutricional para a cultura da soja no estado do Mato grosso do Sul, observou deficiência de N na cultura da soja em função de não haver manejo adequado das culturas utilizadas.

Diante do exposto, objetivou-se estudar doses de N em cobertura na cultura do milho sobre componentes de produção e produtividade do milho, e efeito residual de N pela decomposição de restos vegetais de milho sobre a nodulação e os componentes de produção e produtividade da soja em sucessão.

2. HIPÓTESE

Considerando os argumentos apresentados, a adubação nitrogenada na cultura do milho pode desempenhar papel complementar no aporte de N para a cultura da soja em sistema de sucessão de culturas. A expectativa é que essa prática contribua para aumento significativo na produtividade tanto do milho quanto da soja, evidenciando a sinergia entre as culturas no aproveitamento eficiente do N.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada na cultura do milho sobre componentes de produção e a produtividade do milho, residual de N proveniente da decomposição de resíduos vegetais da cultura do milho sobre a nodulação e os componentes de produção e produtividade da soja cultivada em sucessão e atributos químicos do solo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar os atributos químicos do solo na camada 00-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade;

Determinar a ciclagem de nutrientes de resíduos vegetais da cultura do milho e avaliar a resposta da cultura da soja na absorção dos nutrientes disponibilizados durante o processo de decomposição;

Avaliar a concentração de macro e micronutrientes na diagnose foliar da cultura do milho e da soja;

Observar o efeito do residual da adubação nitrogenada no milho sobre a nodulação e fixação biológica do N na cultura da soja e,

Avaliar os componentes de produção e a produtividade das culturas do milho e da soja.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Cultura do milho e da soja

4.1.1. Cultura do milho

O milho (*Zea mays L.*) é uma gramínea da família poaceae, que possui grande importância econômica no Brasil, se destacando pela utilidade e variedade de subprodutos inclusos na alimentação humana e animal (MIRANDA et al., 2018).

O milho é caracterizado por ser uma planta de ciclo anual, de porte ereto e robusto, podendo atingir aproximadamente 4 metros de altura. Devido ao seu metabolismo C4, a planta demonstra notável capacidade de otimização da luz e absorção de CO₂ durante o processo de fotossíntese (TAVARES et al., 2021).

O desenvolvimento da cultura é limitado pelas condições climáticas e fatores ambientais como disponibilidade de água, temperatura e luminosidade. O bom desenvolvimento do mesmo se dá com temperaturas entre 10 a 30°C e precipitações pluviométricas em torno de 600 mm (COSTA et al., 2019).

Para o bom desenvolvimento da cultura faz-se necessário atender suas exigências nutricionais. O milho é exigente em N, P, K, Ca e Mg, sendo o N o exigido em maiores quantidades e o maior limitante da produtividade (GALINDO et al., 2019).

De acordo com de De Sousa e Lobato (2004), a recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho para se produzir 6 t ha⁻¹, é realizada em cobertura, sendo recomendados 75 kg ha⁻¹ de N entre os estádios fenológicos V4 a V6, disponibilizada uma única vez ou podendo parcelar conforme a necessidade da cultura.

4.1.2. Cultura da soja

A soja (*Glycine max (L)*) pertencente à família das Fabaceae, cultivada em grande escala no Brasil. Essa cultura é uma leguminosa oleaginosa que se destaca pela variedade de subprodutos como produção de massas, chocolates, óleos, margarinas além de diversos outros alimentos. De significativa importância para o agronegócio, a cultura da soja experimentou crescimento global nas últimas décadas, impulsionado especialmente pela disponibilidade de tecnologias (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2020)

Sua resposta produtiva é extremamente dependente de fatores climáticos como temperatura e precipitações pluviométricas. A temperatura ideal para o bom desenvolvimento da cultura varia de 20 e 30°C e com média de precipitação entre 500 a 800 mm (CAVALCANTE et al., 2020).

A adoção de manejo eficiente da fertilidade do solo, fez com que aumentassem o rendimento produtivo das lavouras nos últimos anos (TANAKA, MASCARENHAS E BORKERT, 2018).

A cultura da soja é exigente em N, K, S e P, sendo o N o nutriente mais exigido pela cultura (MASCARENHAS, 2019). Dessa forma o manejo adequando da fertilidade do solo é importante para que a cultura expresse máxima capacidade de desenvolvimento e resposta produtiva.

A cultura da soja adquire N em sua maioria, através da ação das bactérias fixadoras de N (FBN), e também do N oriundo da matéria orgânica do solo (MOS) e do N atmosférico. Essas são as únicas formas de aquisição de N pela cultura, no entanto, há algumas divergências de opiniões, uma vez que há profissionais que orientam a utilização de até de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja e outros profissionais que não indicam nenhuma aplicação de N na semeadura.

Dessa maneira, a cultura da soja pode se beneficiar do N residual da decomposição do resíduo vegetal da cultura do milho, principalmente no início do seu desenvolvimento, onde, ainda não há ação eficiente das bactérias fixadoras de N.

4.2. Sucessão soja/milho e aporte nutricional

A agricultura ano após ano vem se tecnificando com o aporte da pesquisa, que juntas desenvolvem práticas que buscam melhorar o aproveitamento de recursos naturais e também minerais preservando a qualidade do solo e aumentando a produtividade. Dentre essas práticas é o cultivo em sucessão soja e milho, já consolidado no Brasil, com o milho

sendo utilizado como cultura de safrinha e a soja como cultura de primeira safra (MARTINS et al., 2018).

A associação entre soja e milho é comum nesse sistema de cultivo, pelo fato de se tratar de uma leguminosa e uma gramínea que se complementam no uso dos fatores de produção (DU et al., 2018). O milho melhora as condições de cobertura do solo pelo aumento de resíduos vegetais disponibilizados, com relação C/N maior e decomposição lenta, disponibilizando gradativamente os nutrientes para as plantas. Já a soja contribui pela ciclagem de nutrientes e também pela relação C/N menor, onde a decomposição é acelerada e conseqüentemente a disponibilidade dos nutrientes. Desse modo há efeito favorável na produtividade de ambas as culturas, beneficiando o aproveitamento do N (TAVEIRA et al., 2020).

Sendo assim, POEPLAU (2015) evidencia que o uso de plantas de cobertura ou o manejo de resíduos culturais em cultivo de sucessão ou rotação de culturas proporcionam maior sequestro de carbono (C) atmosférico melhorando relação C:N e manutenção da matéria orgânica, sendo a matéria orgânica responsável por condicionar processos físicos, químicos e biológicos do solo e na disponibilidade de nutrientes (LAL, 2015).

Com a disponibilização do aporte de N para a cultura do milho, seus resíduos vegetais proporcionam e intensificam a incorporação de C do solo, contribuindo no aumento da capacidade produtiva do solo (XAVIER et al., 2019). Com isso também ocorrerá o aumento da mineralização do N orgânico presente nos restos vegetais (WU et al., 2021). Conseqüentemente, esse N mineral presente nos restos vegetais será disponibilizado para o aproveitamento da cultura seguinte.

A distribuição contínua de restos vegetais no cultivo em sucessão é fundamental para assegurar a “saúde” do solo como aumento da matéria orgânica, melhorar a estrutura do solo, preservação de recursos naturais e diminuir movimentação do solo, o que favorece a disponibilidade dos nutrientes presentes no solo (CANALLI et al., 2020).

Preservar o desenvolvimento vegetal de forma sustentável, dentro do sistema de sucessão milho/soja, permite repor e disponibilizar N no sistema garantindo máxima eficiência no manejo, na conservação do solo e aumento em produtividade (MARAFON et al., 2020).

A ciclagem de nutrientes é uma ferramenta útil dentro desse sistema de cultivo, já que pode disponibilizar nutrientes ao solo e para as plantas. Assim, a ciclagem é um processo bioquímico que consiste no movimento dos nutrientes pelos diferentes componentes de produção do sistema integrado (atmosfera, planta, animal e solo) (ANGHINONI, 2013).

O processo de ciclagem de nutrientes constitui da absorção dos nutrientes do solo, da atmosfera e da decomposição da matéria orgânica do solo pelas plantas, esses translocados e metabolizados no interior da planta e devolvidos ao sistema pelos restos vegetais das culturas (ASSMANN et al., 2018).

4.3. Nitrogênio para a cultura do milho e da soja

O N desempenha múltiplas funções no metabolismo das plantas, sendo fundamental para a formação de proteínas, enzimas, coenzimas, citocromos, ácidos nucleicos e na integração da molécula de clorofila (OKUMA et al., 2019).

Na cultura do milho o N é o nutriente mais exigido e também o mais limitante à produtividade, e por isso a adubação nitrogenada é importante para que a cultura possa responder positivamente desde o desenvolvimento vegetativo até a produtividade, onde as doses recomendadas podem passar de 200 kg ha⁻¹ de N (GALINDO et al., 2019).

Tavares et al. (2021), trabalhando com a adubação nitrogenada no milho, constataram que ela ampliou as características agronômicas desejáveis da cultura do milho. Sodré (2019), ao avaliar a influência do N em relação à altura da planta, concluiu que, conforme aumentou a disponibilidade de N, aumentou a resposta da cultura em relação a altura.

A demanda de N pelo milho é intensa durante o desenvolvimento vegetativo, do estadio fenológico V4/V6 até a emissão do pendão, período em que a planta absorve mais de 70% da sua necessidade de N (NOVAES et al., 2020). Entretanto, deve-se tomar cuidado na disponibilidade de N, pois doses elevadas podem acarretar em aumento da acidez do solo pelo processo de nitrificação e prejudicar a disponibilidade de outros nutrientes importantes para a cultura.

O nutriente mais exigido pela cultura da soja é o N com aproximadamente 80 kg ha⁻¹ de N para que a cultura responda positivamente em produtividade (VITTI, 2019). Entretanto, o uso de adubação nitrogenada na cultura da soja diverge opiniões, já que ela mesma adquire N através da mineralização da matéria orgânica, do N atmosférico e pela associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* (SEDIYAMA, 2016).

No entanto, Kaschuk et al., (2016) evidenciam que adubações acima de 20 kg ha⁻¹ de N prejudicam a simbiose entre planta e bactéria, reduzindo a nodulação e eficiência da FBN, uma vez que as bactérias aproveitam o N disponível no solo e reduzem a fixação do N atmosférico.

Em contrapartida, pesquisas demonstram que a adubação nitrogenada melhora o desenvolvimento, características agronômicas e produtividade da soja (MORENO et al., 2018). Com isso há diferentes opiniões sobre o uso de adubação nitrogenada no início do desenvolvimento da cultura da soja disponibilizando 20 kg ha⁻¹ de N, já que nessa fase ainda não há ação eficiente das bactérias *Bradyrhizobium japonicum*. Entretanto, esse suprimento de N proporciona a cultura bom desenvolvimento vegetativo inicial, o que conseqüentemente pode influenciar na resposta da cultura em produtividade.

No entanto, a disponibilidade de N para cultura da soja pode ser aumentada pelo N mineral proveniente da decomposição do material vegetal da cultura antecessora, que beneficia principalmente no início de desenvolvimento da cultura (XU et al., 2020).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local e caracterização dos ambientes

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, no município de Dourados – MS, nos anos de 2022 a 2024, sendo georeferenciado pelas coordenadas geográficas de latitude 22°13'16" S e longitude de 54°48'2" W e altitude de 430 metros. A área vem sendo cultivada com a sucessão soja/milho por mais de 5 anos.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa (SANTOS et al., 2018) e a análise dos atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m e granulometria foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Silva et al. (2009): camada de 0-0,20 m: M.O. (g dm⁻³)=21,59; pH(CaCl₂)=5,4; P(mg dm⁻³ - Mehlich) e S (mg dm⁻³)=15,00 e 5,80; Ca, Mg, K, Al, H+Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³)=4,44; 1,90; 0,00; 0,00; 3,78; 6,60 e 10,38; V%=64%, já para a camada de 0,20-0,40 m: M.O. (g dm⁻³)=18,33; pH (CaCl₂)=4,8; P(mg dm⁻³ - Mehlich) e S (mg dm⁻³)=7,10 e 23,60; Ca, Mg, K, Al, H+Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³)=3,62; 1,55; 0,16; 0,07; 4,62; 5,33 e 9,95; V% = 54%, com granulometria de 57% de argila, 27% de areia e 16% de silte.

Segundo Köppen, o clima da região é do tipo mesotérmico úmido, com verão chuvoso (Cwa), temperatura média anual de 23,4°C e precipitação anual de 1419 mm. Os dados de precipitação anual e máxima e mínima de temperatura foram obtidos pela estação meteorológica da Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – FAECA - UFGD (Figura 1).

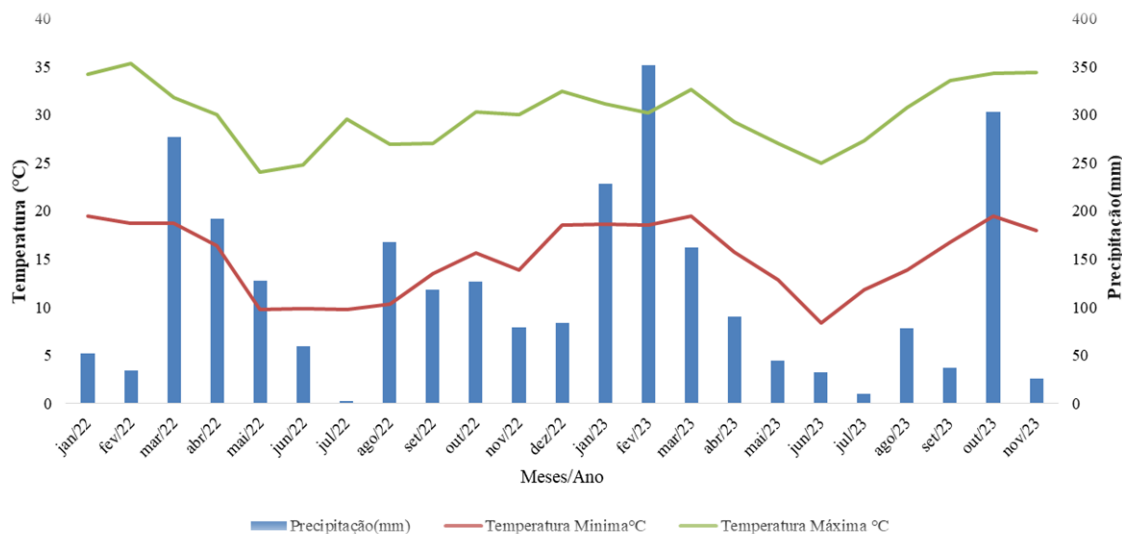


Figura 1 - Precipitação mensal (mm) e média mensal das temperaturas máxima e mínima (C°) nos anos de 2022 e 2023 na FAECA-UFGD em Dourados-MS.

Fonte: Estação meteorológica da Embrapa/UFGD.

5.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com 24 parcelas de 60 m² (12 x 5 m), constituídas por seis doses de N (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia, aplicados em cobertura na cultura do milho segunda safra) com quatro repetições por dose.

5.3 Manejo e condução das culturas

As cultivares de cada cultura utilizadas assim como a semeadura e colheita estão demonstradas na Tabela 1.

A semeadura da cultura do milho na safra 2022 ocorreu no dia 22/03/2022 e na safra 2023 no dia 03/04/2023. Com objetivo de população de plantas de 90,000/ha com espaçamento de 0,45 m entre plantas, foi semeado 4 sementes por metro linear nas safras de 2022 e 2023, utilizando uma semeadora de 9 linhas.

Tabela 1- Demonstrativo de cultivares utilizadas, período de semeadura e colheita das culturas do milho e da soja nas safras 2022 e 2023.

Milho - Safra 2022 e Soja - Safra 2022/2023					
Cultivar		Semeadura		Colheita	
Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja
	HO Pirapó 64HO114				
Híbrido Brevant B2216PWU	IPRO (INTACTA RR2 PRO)*	Março 2022	Outubro 2022	Agosto 2022	Março 2023
Milho - Safra 2023					
Cultivar		Semeadura		Colheita	
Milho		Milho		Milho	
Híbrido Brevant B2620PWU		Abril 2023		Agosto 2023	

* Inoculado com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*.

Para a cultura do milho foi realizada somente a adubação com as doses do fertilizante nitrogenado (Ureia - 46% de N) em estágio V4, aplicado á lanço em cobertura.

Houve acompanhamento periódico da área experimental para monitorar possíveis ataques de pragas, incidência de doenças e de plantas invasoras. Foi necessária a utilização de inseticida (1 kg ha⁻¹ de Rapel - O,S-dimethylacetylphosphoramidothioate (ACEFATO), organofosforado - Inseticida/Acaricida) para controle de lagartas e caramujos, fungicida (150 mL ha⁻¹ de SCORE FLEXI - Principio ativo: Propiconazol, Difenconazol) como preventivo e herbicidas (5 L ha⁻¹ de glifosato e 2 L ha⁻¹ de cletodim) para controle de daninhas após a colheita. Em ocasiões de difícil controle de plantas daninhas realizou-se a capina manual.

A colheita da cultura do milho ocorreu no dia 04/08/2022 na safra 2022 e no dia 17/08/2023 na safra 2023 manualmente, nas duas linhas centrais, descartando-se 1 m de cada extremidade, totalizando 9 m².

Foi avaliada a ciclagem de nutrientes após a colheita da primeira safra em 2022, que para tal determinação foi coletado o resíduo vegetal em área conhecida 1 x 1m após a colheita do milho, onde o mesmo ficou alocado em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante e assim determinado a massa seca com auxílio da balança de precisão e os resultados extrapolados em kg ha⁻¹.

Após esse processo foram retiradas amostras de 10 a 12 gramas do resíduo coletado e inseridos em sacos de náilon (*litter-bags*) de 2 mm de malha, com dimensão de 20 x 20 cm, havendo espaço que permitisse a proliferação de micro, meso e macrofauna. Posteriormente os *litter-bags* foram distribuídos e depositados sobre o solo. O período de

coleta dos *litter-bags* foi distribuído de acordo com os estádios fenológicos da cultura da soja (plantio, 30, 60, 90 e 120 dias após a deposição dos mesmos).

Após a coleta dos *litter-bags* o conteúdo foi alocado novamente em estufa e determinado peso da matéria seca restante e avaliados em laboratório o teor de N pelo método de Kjoeldahi (BREMNER, 1965), fósforo e potássio determinados pelo método de digestão nítrico-perclórica (JOHNSON ULRICH, 1959), seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

As taxas de decomposição de matéria seca e liberação de nutrientes foram estimadas através do ajuste de modelo de regressão não linear com auxílio do programa estatístico Statgraphics Plus 4.1.

A equação do modelo é descrita por Wieder e Lang (1982).

$$\text{RDM e RN} = A^{-ka} + (100 - A)$$

O RDM é a matéria seca remanescente e RN os nutrientes restantes após o tempo t (dias), o A é o componente decomponível e o ka é a taxa constante de decomposição ou liberação dos nutrientes.

Através da obtenção da constante de decomposição foi estimado o tempo para o desaparecimento de 50% do resíduo (meia vida) ($T_{1/2}$ vida), a partir da equação proposta por Paul e Clark (1989).

$$T_{1/2} \text{ Vida} = 0,693/ka$$

Antes da semeadura da cultura da soja foi realizado adubação a lanço antecipada de 120 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl – 60% de K₂O) e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP)-(46% de P₂O₅ e 11% de N), totalizando 24 kg ha⁻¹ de N. Foi considerada a adubação de manutenção de sistema, visando repor a exportação de P e K para a expectativa de produtividade de 70 sacas de soja (4,2 t ha⁻¹) e 100 sacas de milho (6 t ha⁻¹).

A semeadura da cultura da soja na safra 2022/2023 ocorreu no dia 26/10/2022. Utilizou-se população de plantas de 60.000 plantas por ha com espaçamento de 0,45 cm entre plantas, onde foi semeado 12 sementes por metro semeadas com auxílio de semeadora de 9 linhas.

O monitoramento da área experimental foi realizado periodicamente para manter controle de eventuais ataques de pragas e doenças, além do controle de plantas invasoras. Necessitou-se realizar o controle de percevejo com inseticida (1 kg ha⁻¹ de Rapel- O,S-

dimethylacetylphosphoramidothioate (ACEFATO), organofosforado - Inseticida/Acaricida) e fungicida (150 mL ha⁻¹ de SCORE FLEXI - Princípio ativo: Propiconazol, Difenconazol) como preventivo e controle de plantas daninhas com herbicida (4 L ha⁻¹ de Glifosato).

A colheita da cultura da soja na safra 2022/2023 ocorreu no dia 03/03/2023 manualmente nas duas linhas centrais, descartando-se 1 m de cada extremidade, totalizando 9 m².

5.4 - Avaliações

5.4.1 - Avaliações na cultura do milho

Na ocasião do florescimento foram coletadas 10 folhas diagnósticas para determinação das concentrações de macro e micronutrientes, conforme metodologia descrita em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Na colheita do milho foram coletadas 10 espigas de milho de forma aleatória nas parcelas para avaliar os componentes de produção (número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga) e duas linhas centrais de 10 metros (9 m²) cada para determinar peso de mil grãos (PMG), produtividade em kg ha⁻¹ e a umidade a 13%.

5.4.2 - Avaliações na cultura da soja

Na ocasião do florescimento foram coletadas 10 folhas diagnósticas (terceiro trifólio bem desenvolvido) para a determinação da concentração de macro e micronutrientes, conforme metodologia descrita em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

No estágio fenológico V3 e V4 coletou-se 5 plantas para a contagem do número de nódulos no sistema radicular. Foi utilizada uma pá de corte para realizar a coleta das plantas. Necessitou-se o uso de água para melhorar o condicionamento do solo, uma vez que o mesmo estava seco proporcionando risco de danos ao sistema radicular da cultura da soja. Após as raízes foram lavadas e foram levantados o número de nódulos por planta, de acordo com metodologia descrita em Milani et al. (2008).

Na colheita da soja foram coletadas 10 plantas de soja de forma aleatória nas parcelas para avaliar os componentes de produção (número de vagem por planta e número

de grãos vagem) e duas linhas de 10 metros (9 m²) para determinar peso de mil grãos (PMG), produtividade em kg ha⁻¹ e a umidade a 13%.

5.4.3 Atributos químicos do solo

Para a determinação dos atributos químicos do solo, foram realizadas duas coletas de solo na área experimental na camada de 00-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade utilizando trado holandês, sendo a primeira coleta entre a colheita do milho da safra 2022 e a semeadura da soja safra 2022/2023 e a segunda coleta entre a colheita da soja safra 2022/2023 e a semeadura do milho safra 2023.

Esse solo foi acondicionado em recipientes no laboratório de fertilidade de solo da UFGD em local ventilado para secar. Quando seco, o mesmo foi peneirado para assim realizar as análises de pH, teor de Al³⁺, da MO, dos macronutrientes P, K, Ca e Mg e dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn conforme metodologia descrita em Silva et al. (2009).

5.5 Análise estatística dos resultados obtidos

Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA, quando significativos pelo teste F ($p < 0,05$). As médias foram comparadas por análise de regressão utilizando o modelo linear e quadrático com coeficiente de determinação $\geq 0,60$ ($p < 0,05$), utilizando o software SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Atributos químicos do solo na camada de 00-0,20 m

Apresentaram diferenças significativas os resultados para pH CaCl₂, H+Al, teor de Al, Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%) para a primeira coleta de solo, já para os resultados da segunda coleta de solo na camada 00-0,20 m não houve significância para esses mesmos atributos (Tabela 2).

Tabela 2- Índice de pH CaCl₂, teores de H+Al, alumínio (Al), soma de bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%) na camada de 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.

Primeira coleta – 00-0,20 m						
Doses de N kg ha⁻¹	pH CaCl₂	H+Al	Al	SB	CTC	V%
0	5,65*	2,97*	0,12*	7,10*	10,06*	70,13*
30	5,64	2,63	0,06	6,60	9,23	71,58
60	5,47	3,01	0,06	5,86	8,86	65,98
90	5,11	3,49	0,39	4,73	8,21	56,85
120	4,88	4,26	0,51	3,32	7,58	43,63
150	4,86	4,46	0,57	4,52	8,98	49,90
CV(%)	3,35	11,43	75,16	19,25	10,14	11,00
Média	5,27	3,47	0,29	5,35	8,82	59,68
Segunda coleta – 00-0,20 m						
Doses de N kg ha⁻¹	pH CaCl₂	H+Al	Al	SB	CTC	V%
0	5,20 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,91 ^{ns}	10,91 ^{ns}	62,03 ^{ns}
30	5,26	4,11	0,24	6,60	10,70	61,45
60	5,10	4,38	0,21	5,27	9,65	54,45
90	4,87	4,71	0,48	4,93	9,64	51,08
120	5,06	4,16	0,27	5,52	9,68	57,03
150	4,89	4,38	0,36	5,26	9,64	53,58
CV(%)	3,71	9,73	63,73	25,53	14,54	11,77
Média	5,06	4,29	0,28	5,75	10,04	56,60

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A adubação nitrogenada foi significativa para os índices do pH CaCl₂ (Figura 2A) e teores de H+Al (Figura 2B) na camada 00-0,20 m na primeira coleta, demonstrando que conforme aumentaram-se as doses de N ocorreu a acidificação do solo na camada 00-0,20 m pelo processo de nitrificação (DOS SANTOS et al., 2020).

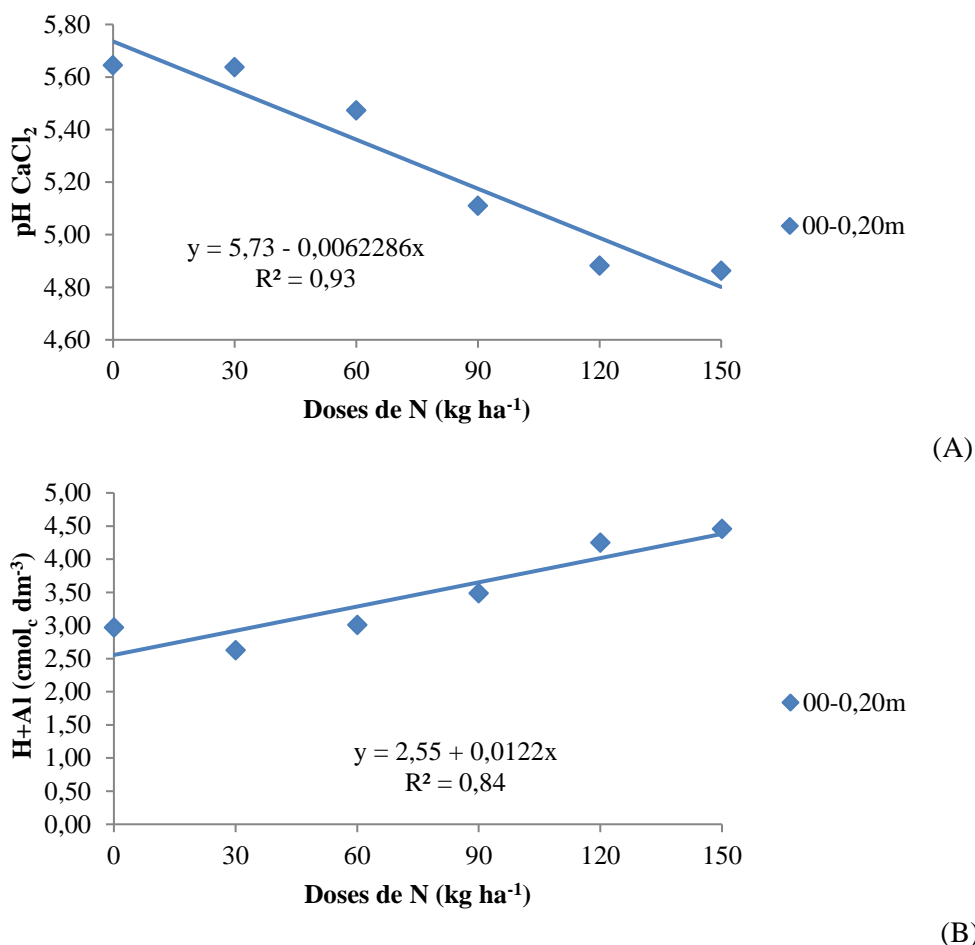


Figura 2- Valores de pH CaCl₂ (A) e teores de H⁺Al (B) na camada de 0-0,20 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.

Os fertilizantes nitrogenados tendem a acidificar o solo pelo processo de nitrificação, reduzindo de forma significativa o pH do solo, principalmente em doses elevadas de N. Os resultados demonstraram exatamente esse mesmo padrão, pois quanto maior a dose de N, menor o índice de pH, corroborando com Bono, Rufino, Gonçalves (2019), que utilizaram ureia em cobertura em capim Marandu e, constataram que as fontes sulfato de amônio e ureia com doses até 120 kg ha⁻¹ de N apresentaram a mesma tendência de acidificação do solo.

As reações químicas provocadas pela aplicação de adubo nitrogenado acarretaram no aumento do teor de Al no solo, conforme aumentou doses de N na camada de 00-0,20 m (Figura 3A).

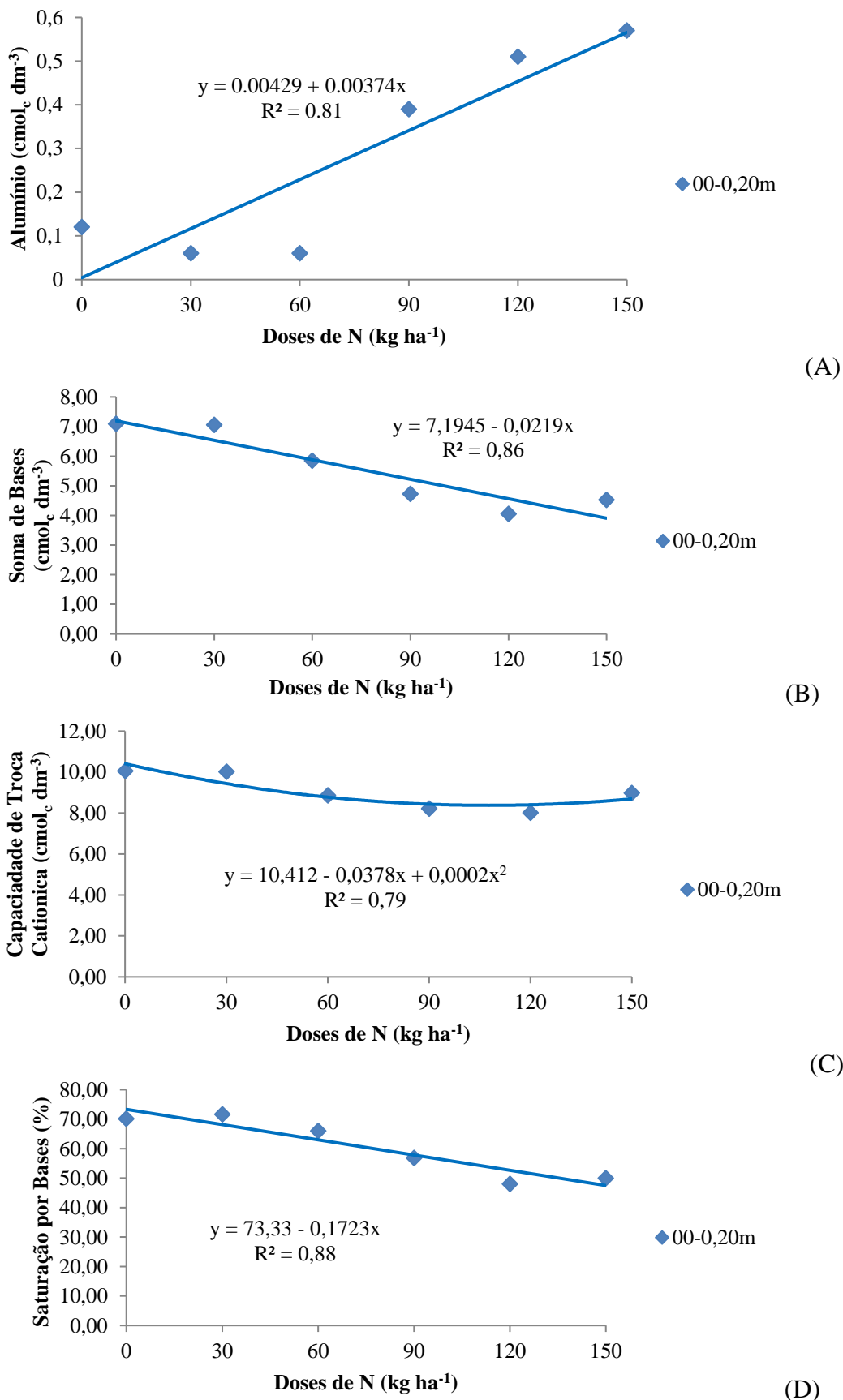


Figura 3-Teor de alumínio (Al)-(A), Soma de Bases (SB)-(B), Capacidade de Troca Catiônica (CTC)-(C) e Saturação por Bases (V%)-(D) na camada de 0-0,20 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira safra), Dourados-MS.

Sabe-se que fertilizantes nitrogenados contribuem para a acidificação do solo liberando íons H^+ no processo de nitrificação, reduzindo o pH, fator esse que beneficia o aumento de Al^{3+} na solução do solo. Assim, a quantidade de Al^{3+} em solução aumenta com a acidez do solo (KRYZEVICIUS et al., 2019). Essa ação ficou evidente na pesquisa quando doses acima de 30 kg ha^{-1} de N mostraram exatamente a acidificação do solo e o aumento do teor de Al^{3+} no solo. Situação que, prejudica o teor dos nutrientes no solo, como o P, K, Ca e Mg, nutrientes esses que possuem cargas elétricas que interagem diretamente com o Al^{3+} , provocando a transformação desses nutrientes em formas não assimiláveis pelas plantas.

Observou-se efeito significativo das doses de N para a soma de bases (Figura 3B) e V% (Figura 3D), indicando que o aumento das doses de N resultou em redução na soma de bases e no V% nas camadas de 00-0,20 m.

A SB de um solo é representada pela soma dos teores de cátions permutáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (MEIRELES et al., 2021). Desse modo fica claro que conforme o aumento das doses de N ocorrerá redução nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ no solo, uma vez que proporcionou aumento de H^+ e Al^{3+} no solo, esses responsáveis diretos pela disponibilidade dos teores das bases do solo.

Para a CTC, o mínimo valor de $8.62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi atingido com a dose de $94,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na camada 00-0,20 m (Figura 3C). O aumento de H^+ e Al^{3+} influencia diretamente na CTC do solo, já que os mesmos afetam os elétrons, esses responsáveis pelo teor dos nutrientes no solo, acelerando a transformação dos nutrientes e indisponibilizando os mesmos para as plantas.

Os valores de CTC encontrados corroboram com Guimarães et al. (2021), em seu estudo sobre Latossolo em áreas de cerrado nativo e outros solos sob diferentes usos, analisaram o valor da CTC, sendo de $11,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 00-0,20 m e $7,44 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 0,20-0,40 m; já que no presente trabalho houve variação da CTC entre 7 e $10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ sobre as doses de N.

Para o V% na camada 00-0,20 m de solo as doses até 90 kg ha^{-1} de N proporcionaram porcentagens entre 50 a 80%, porcentagens que são consideradas o ideal para solos de cerrado, onde acima dessa dose não corresponderam de forma significativa.

O V% é um parâmetro crucial para avaliar as condições de fertilidade do solo. Segundo De Oliveira Meireles et al. (2021), V% baixo indica a presença de baixo teor de cátions disponíveis ou a neutralização desses cátions por íons H^+ e Al^{3+} , indicando acidez do solo, condição essa que exerce influência sobre o rendimento das culturas, e que respondem melhor em produtividade em solos com V% entre 50 e 80%.

Constatou-se efeito significativo para os resultados dos macronutrientes Ca e Mg na primeira amostragem de solo. Não houve significância para os teores de P e K na camada 00-0,20 m nas duas amostragens realizadas. Já para os resultados da segunda coleta de solo na camada 00-0,20 m, não houve significância para nenhum atributo avaliado (Tabela 3).

Observou-se interação linear decrescente para os teores de Ca e Mg na camada 00-0,20 m, com o aumento das doses de N (Figuras 4A e 4B).

Bezerra et al. (2021) constataram influência da adubação nitrogenada na movimentação das bases no perfil do solo e que o processo de nitrificação do N interfere na disponibilidade de Ca, Mg e K. Essa influência foi ocasionada pelas reações químicas provocadas pela nitrificação, afetando as cargas elétricas dos nutrientes e afetando o teor dos mesmos no solo, dificultando a absorção pelas plantas.

Esses resultados corroboram com a atual pesquisa, pois, conforme aumentaram as doses de N ocorreu decréscimo na disponibilidade de Ca e Mg no solo. Esse decréscimo está diretamente ligado a redução do índice de pH e também ao aumento no teor do Al^{3+} , afetando a CTC do solo, o que conseqüentemente provoca a interação de elétrons do Al^{3+} com o Ca^{2+} e Mg^{2+} , reduzindo os teores do mesmo no solo.

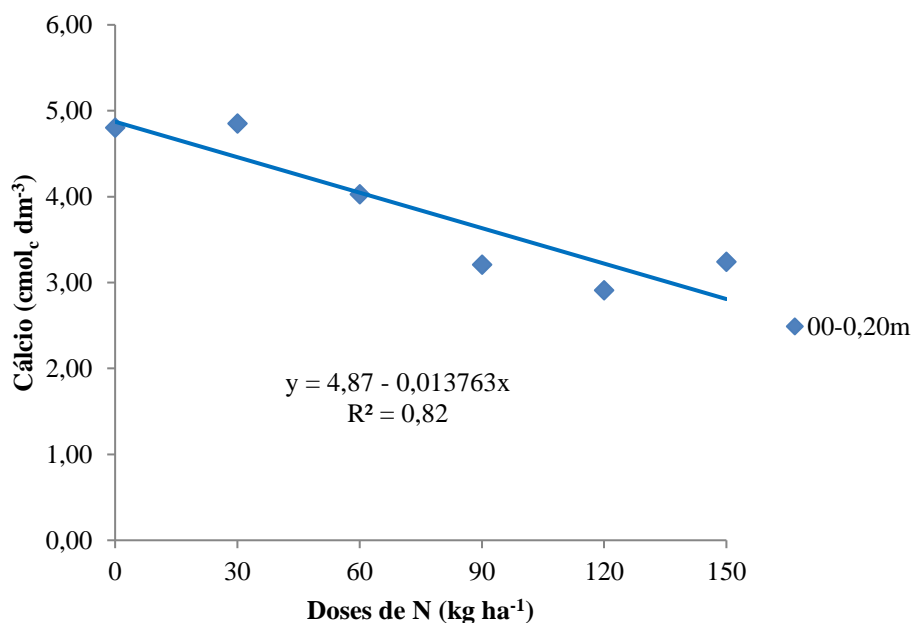
Tabela 3- Teores de matéria orgânica (M.O), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na camada de 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-Ms.

Primeira coleta – 00-0,20 m					
Doses de N kg ha⁻¹	M.O g dm⁻³	P mg dm⁻³	K -----cmol_c dm⁻³-----	Ca	Mg
0	30,51 ^{ns}	10,33 ^{ns}	0,149 ^{ns}	4,80*	2,14*
30	28,48	7,83	0,106	4,58	1,92
60	31,80	9,43	0,124	4,03	1,70
90	26,67	11,08	0,114	3,21	1,40
120	26,86	13,88	0,098	2,28	0,94
150	27,82	13,78	0,071	3,24	1,21
CV(%)	9,55	66,52	40,51	19,59	20,46
Média	28,68	11,05	0,11	3,69	1,55
Segunda Coleta – 00-0,20 m					
Doses de N kg ha⁻¹	M.O g dm⁻³	P mg dm⁻³	K -----cmol_c dm⁻³-----	Ca	Mg
0	26,48 ^{ns}	18,84 ^{ns}	0,328 ^{ns}	4,59 ^{ns}	1,99 ^{ns}
30	24,74	22,45	0,309	4,47	1,82
60	21,03	7,26	0,400	3,42	1,45
90	23,33	18,50	0,297	3,28	1,35
120	29,42	18,32	0,524	3,53	1,46
150	24,68	14,13	0,302	3,57	1,39
CV(%)	26,50	69,73	46,04	26,46	28,63
Média	24,95	16,58	0,360	3,81	1,58

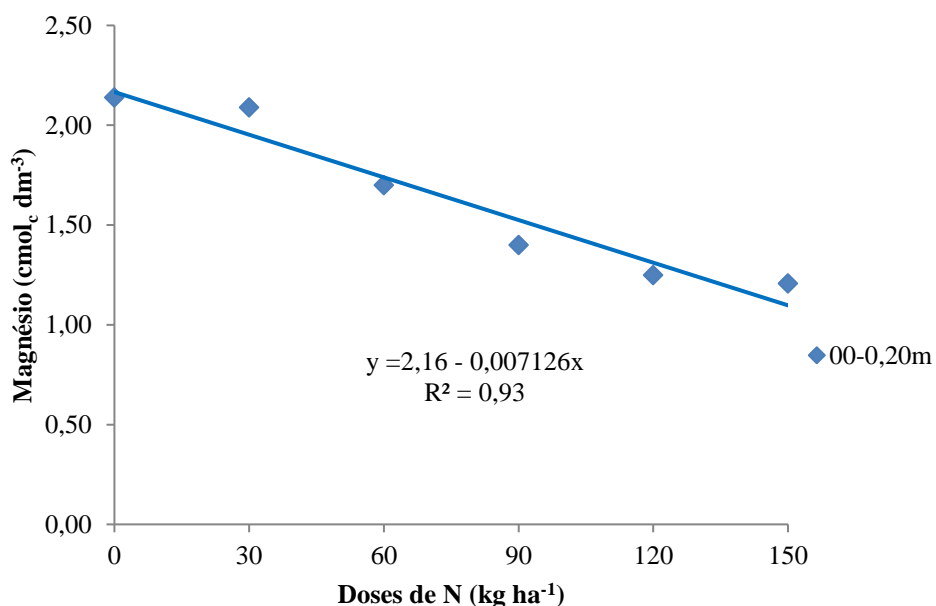
* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Entretanto, o teor de Ca^{2+} na camada 00-0,20 m está adequado, de acordo com a interpretação de solos do cerrado (SOUSA e LOBATO, 2004), onde o resultado demonstrou teores entre 1,5 a 7,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. O mesmo acontece com o teor de Mg^{2+} , onde o resultado demonstrou que o teor está adequado (0,5 a 2,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) a alto ($\geq 2,0 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), conforme interpretação para solos do cerrado (SOUSA e LOBATO, 2004).



(A)



(B)

Figura 4-Teores de cálcio (Ca)-(A) e magnésio (Mg)-(B) na camada de 0-0,20 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.

Não houve diferença significativa para os teores dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn na camada 00-0,20 m de profundidade nas duas coletas realizadas (Tabela 4). Isso mostra que, a adubação nitrogenada não influenciou nos teores dos micronutrientes na camada 00-0,20 m de solo.

A disponibilidade dos micronutrientes é afetada diretamente pelo pH do solo, e o Fe, Mn, Cu e Zn tem sua maior disponibilidade com pH entre 5,0 e 6,5 (DIAS DOS SANTOS et al., 2021). Assim, a disponibilidade dos micronutrientes no solo não foi afetada, pois o pH apresentou índices adequados não interferindo na disponibilidade dos mesmos.

Tabela 4- Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) na camada de 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.

Primeira Coleta – 00-0,20 m				
Doses de N kg ha⁻¹	Fe	Mn	Cu	Zn
0	47,66 ^{ns}	79,04 ^{ns}	11,42 ^{ns}	1,12 ^{ns}
30	43,68	69,57	10,74	0,92
60	54,01	75,16	11,05	1,43
90	53,15	64,08	10,54	0,80
120	48,22	60,20	10,59	0,98
150	54,88	65,44	11,48	0,82
CV(%)	14,88	12,80	4,73	29,44
Média	50,27	68,92	10,97	1,01
Segunda Coleta – 00-0,20 m				
Doses de N kg ha⁻¹	Fe	Mn	Cu	Zn
0	37,06 ^{ns}	56,07 ^{ns}	9,74 ^{ns}	0,86 ^{ns}
30	38,71	59,87	9,51	0,80
60	43,53	51,92	8,90	0,63
90	46,94	61,46	9,48	0,79
120	40,69	60,81	8,64	0,58
150	41,71	63,20	10,83	1,42
CV(%)	17,93	18,37	13,04	96,80
Média	41,44	58,89	9,52	0,85

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

6.2 Atributos químicos do solo na camada de 0,20-0,40 m

Apresentaram significância os resultados para pH CaCl₂, H+Al, Al, SB, CTC e V% para a primeira coleta de solo, na profundidade de 0,20-0,40 m. Já para os resultados da segunda coleta de solo na camada 0,20-0,40 m, houve efeito significativo para H+Al, Al e V% e, não houve efeito significativo para demais atributos (Tabela 5).

Tabela 5- Índice de pH CaCl₂, teores de H+Al, alumínio (Al), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (v%) na camada de 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.

Primeira coleta – 0,20-0,40 m						
Doses de N kg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	H + Al	Al	SB	CTC	V%
0	5,65*	3,37*	0,12*	7,10*	10,06*	70,13*
30	5,64	2,96	0,06	6,60	9,23	71,58
60	5,47	3,19	0,06	5,86	8,86	65,98
90	5,11	4,14	0,39	4,73	8,21	56,85
120	4,88	4,17	0,51	3,32	7,58	43,63
150	4,86	3,88	0,57	4,52	8,98	49,90
CV(%)	3,83	10,39	66,64	23,38	10,82	12,99
Média	5,06	3,62	0,50	4,67	8,29	55,23
Segunda coleta – 0,20-0,40 m						
Doses de N kg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	H + Al	Al	SB	CTC	V%
0	5,20 ^{ns}	3,46*	0,12*	6,91 ^{ns}	10,91 ^{ns}	62,03*
30	5,26	3,60	0,24	6,60	10,70	61,45
60	5,10	3,96	0,21	5,27	9,65	54,45
90	4,87	7,20	0,48	4,93	9,64	51,08
120	5,06	5,75	0,27	5,52	9,68	57,03
150	4,89	4,96	0,36	5,26	9,64	53,58
CV(%)	6,36	23,72	33,18	27,30	15,25	20,63
Média	5,10	4,82	0,37	3,95	8,77	45,79

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A adubação nitrogenada foi significativa para os índices do pH CaCl₂ (Figura 5A) e H+Al (Figura 5B) na camada 0,20-0,40 m na primeira coleta, demonstrando que com o aumento das doses de N ocorreu a acidificação do solo reduzindo o pH e aumentando a acidez potencial na camada 0,20-0,40 m. A redução dos índices de pH é decorrente do processo de transformação do N pela nitrificação, que acidifica o solo (DOS SANTOS et al., 2020).

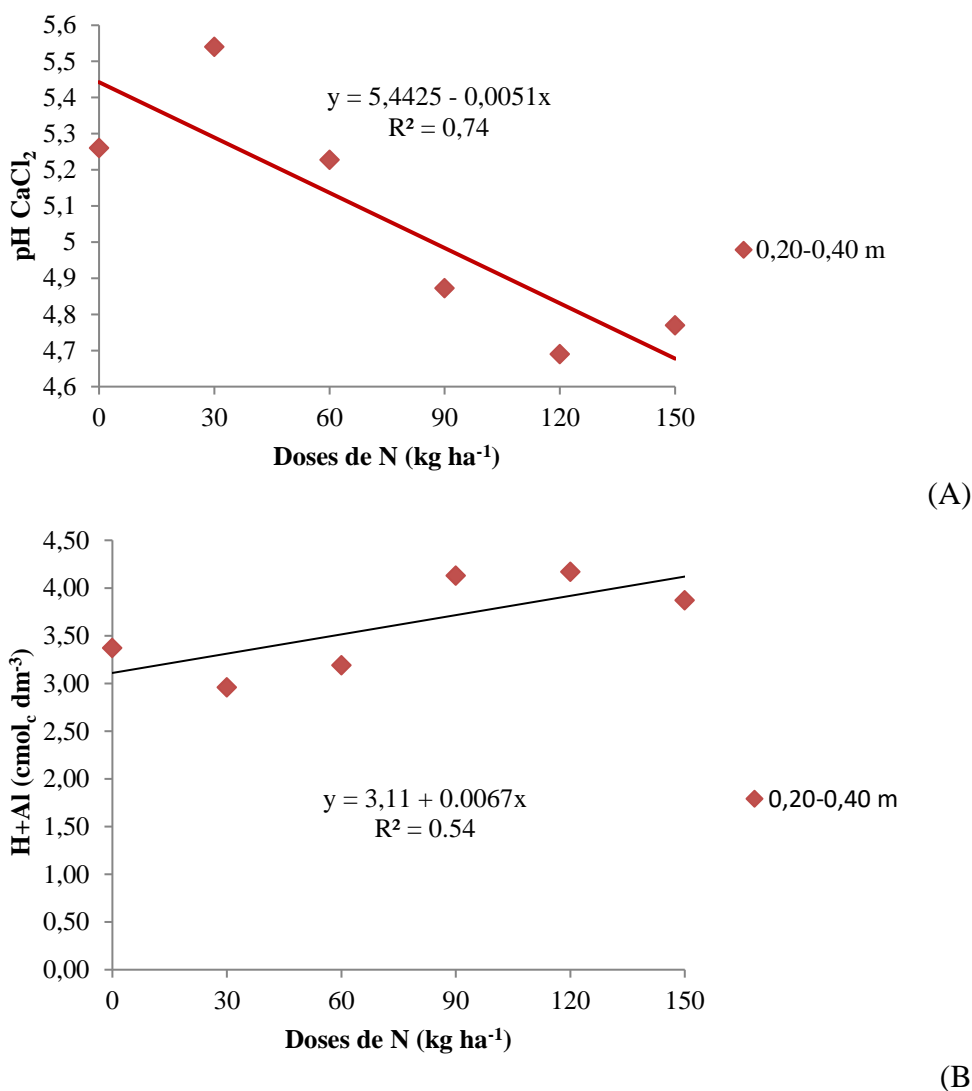
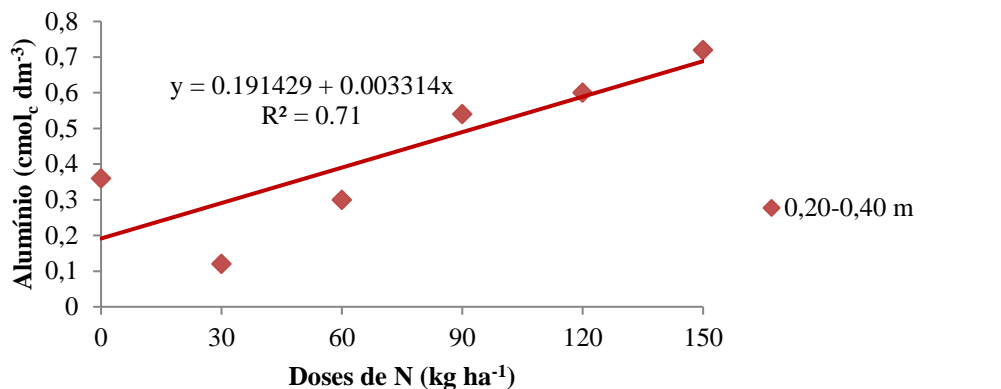


Figura 5-Valores de pH CaCl₂ (A) e H⁺+Al (B) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.

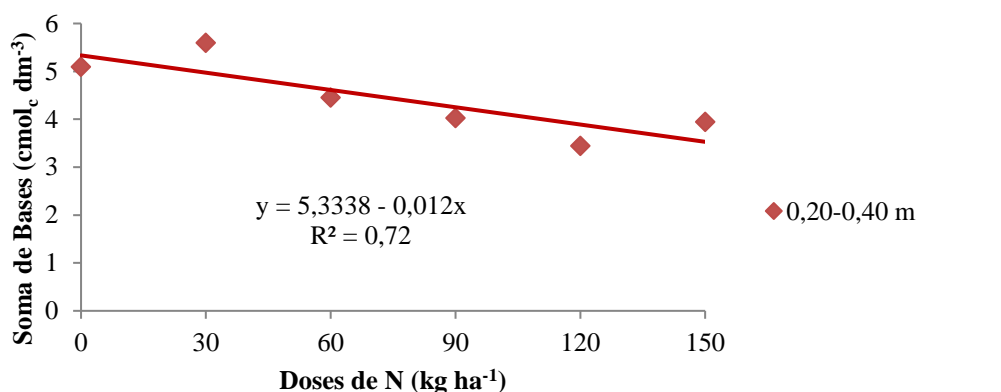
Ocorreu aumento do teor de Al³⁺ na camada de 0,20-0,40 m de solo (Figura 6A), conforme aumentou as doses de N.

Observou-se efeito significativo para as doses de N para a Soma de Bases (Figura 6B), CTC (Figura 6C) e V% (Figura 6D), indicando que o aumento das doses de N resultou em redução na Soma de Bases, na CTC e no V% na camada 0,20-0,40 m do solo. Na camada de 0,20-0,40 m doses até 60 kg ha⁻¹ de N proporcionaram V% acima de 50% e acima desse índice expressaram porcentagens menores.

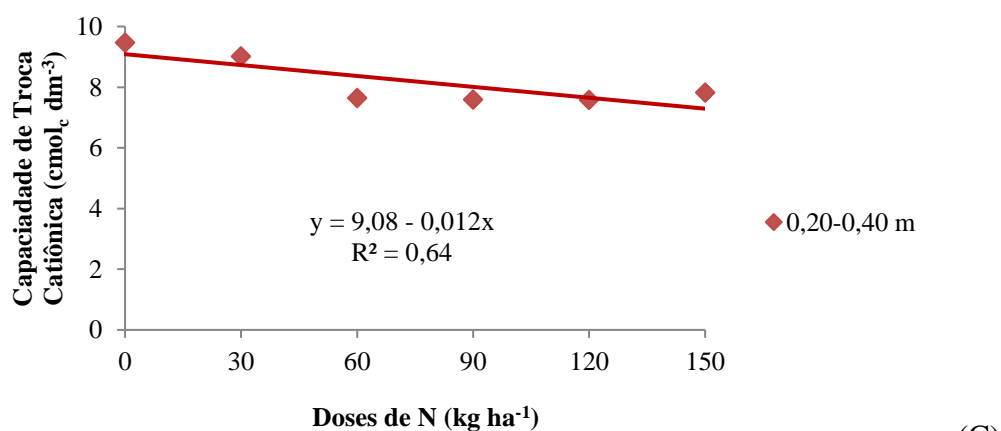
A acidificação do solo pela nitrificação é a responsável direta pelo aumento do teor de H⁺ e Al³⁺ no solo, esses responsáveis por afetar os teores dos nutrientes do solo, e que conseqüentemente causam a redução da SB, CTC e V%, responsáveis por determinar a qualidade física, química e biológica do solo (DOS SANTOS et al., 2020).



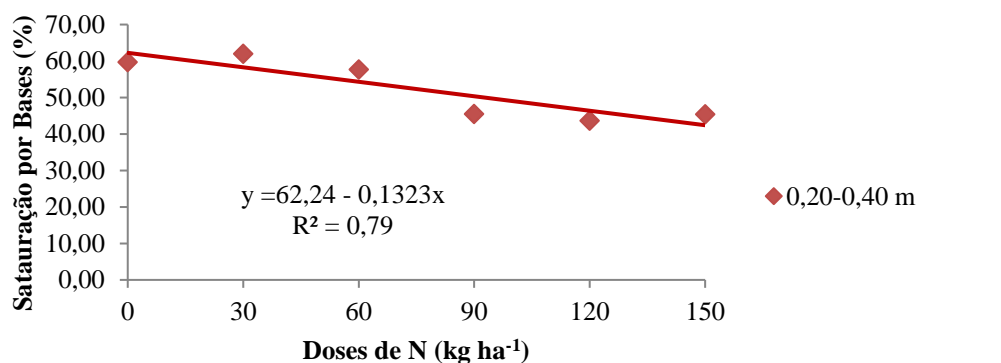
(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 6-Teor de Alumínio (Al)-(A), Soma de Bases (SB)-(B), Capacidade de Troca Catiônica (CTC)-(C) e Saturação por Bases (V%)-(D) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.

Na segunda análise de solo na safra soja/milho houve influência da adubação nitrogenada sobre os teores de H+Al, Al e saturação por bases (V%) na camada de 0,20-0,40 m.

O máximo teor de H+Al foi obtido com a dose de 129,5 kg ha⁻¹ de N (Figura 7). Assim como já discutido anteriormente, a acidificação do solo pelo processo de nitrificação do N resulta em queda dos índices de pH tornando o solo de reação ácida.

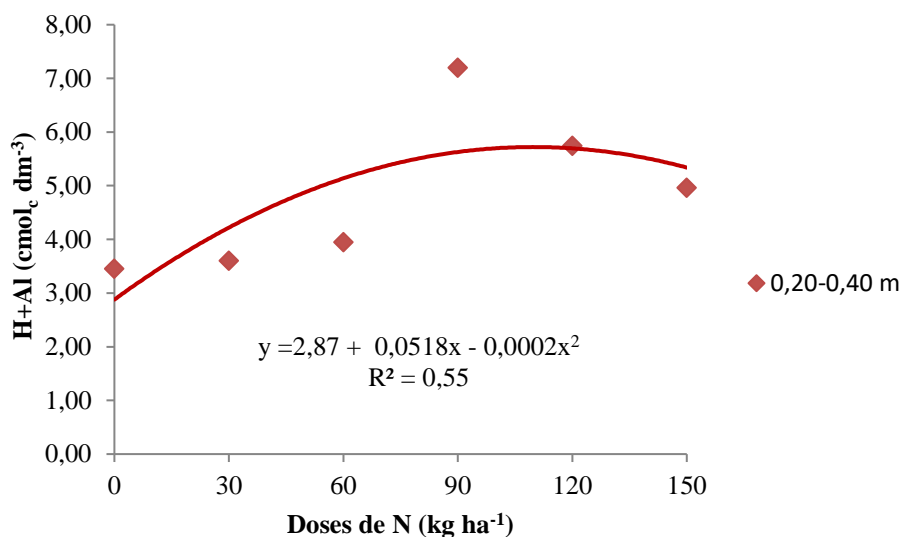


Figura 7- Teor de H+Al na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita da soja da safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta). Dourados-MS.

Constatou-se efeito significativo das doses de N para o teor de Al, indicando que o aumento nas doses de N resultou em aumento nos teores de Al no solo (Figura 8).

Assim como na primeira análise, os teores de Al no solo aumentaram conforme aumentaram as doses de N, evidenciando que a acidificação do solo pela nitrificação do N, influenciou no aumento do teor do elemento Al³⁺.

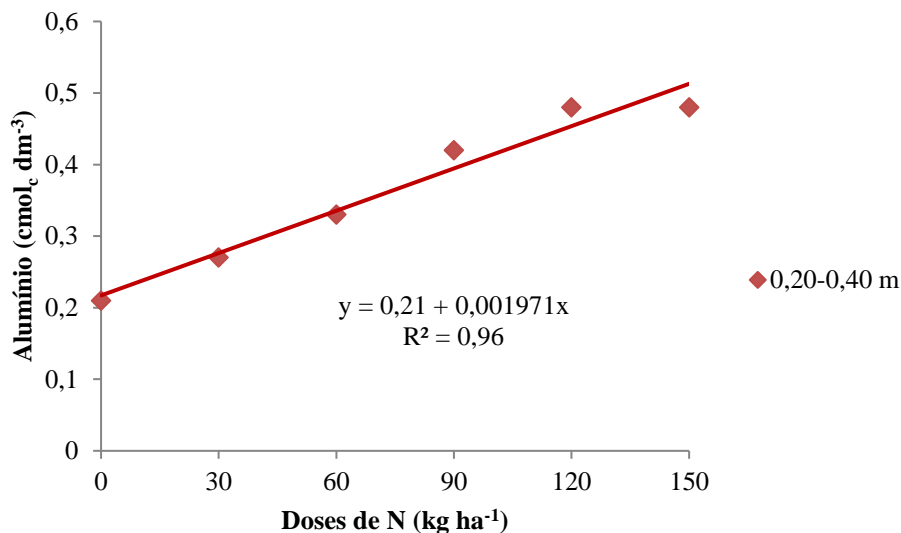


Figura 8-Teor de Alumínio (Al) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita da soja da safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta), Dourados-MS.

A dose de N de 117 kg ha⁻¹ proporcionou o mínimo valor de V% com 40,76% (Figura 9). Doses até 60 kg ha⁻¹ de N apresentaram V% acima de 50 %.

Sabendo-se que solos com V% entre 50 e 80% proporcionam melhor resposta a produtividade pelas culturas e que o V% está diretamente ligado à acidez do solo e traz influência na disponibilidade de outros nutrientes pela ação do H⁺ e Al³⁺, conforme evidenciado por De Oliveira Meireles et al., (2021). A testemunha e a dose de 30 kg ha⁻¹ de N estão expressando percentagens ideais de V%, já as demais doses de N não corresponderam da mesma maneira. Significando que o processo de nitrificação de N influenciou na acidificação do solo, expressando máximo V% com dose de 107 kg ha⁻¹ de N e influenciando na disponibilidade de outros nutrientes.

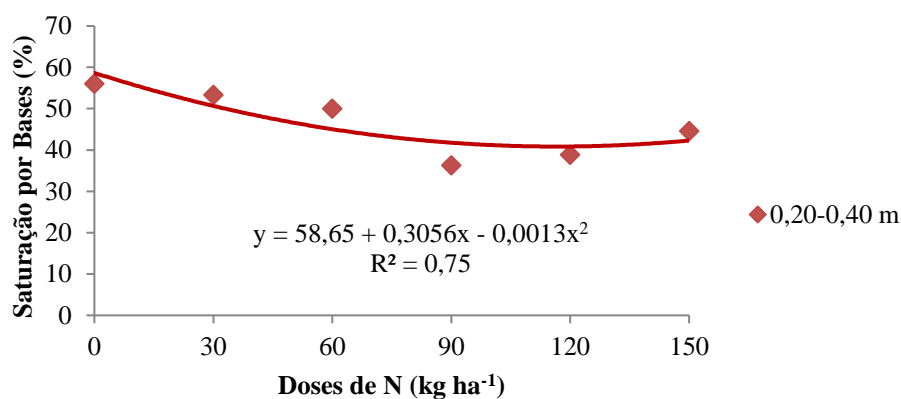


Figura 9-Saturação por Bases (V%) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta), Dourados-MS.

Constatou-se significância para os resultados dos macronutrientes Ca e Mg na primeira coleta. Não houve diferença significativa para os teores de M.O, P e K na camada 0,20-0,40 m nas duas coletas. Já para os resultados da segunda coleta de solo na camada 0,20-0,40 m, não houve significância para nenhum atributo avaliado (Tabela 6).

Tabela 6- Teores de matéria orgânica (M.O), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na camada de 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.

Primeira Coleta – 0,20-0,40 m					
Doses de N kg ha⁻¹	M.O g dm⁻³	P mg dm⁻³	K -----cmol_c dm⁻³-----	Ca	Mg
0	30,51 ^{ns}	10,33 ^{ns}	0,149 ^{ns}	4,80*	2,14*
30	28,48	7,83	0,106	4,58	1,92
60	31,80	9,43	0,124	4,03	1,70
90	26,67	11,08	0,114	3,21	1,40
120	26,86	13,88	0,098	2,28	0,94
150	27,82	13,78	0,071	3,24	1,21
CV(%)	8,08	55,04	29,38	22,96	26,34
Média	23,24	4,88	0,110	3,2	1,40
Segunda Coleta – 0,20-0,40 m					
Doses de N kg ha⁻¹	M.O g dm⁻³	P mg dm⁻³	K -----cmol_c dm⁻³-----	Ca	Mg
0	26,48 ^{ns}	18,84 ^{ns}	0,328 ^{ns}	4,59 ^{ns}	1,99 ^{ns}
30	24,74	22,45	0,309	4,47	1,82
60	21,03	7,26	0,400	3,42	1,45
90	23,33	18,50	0,297	3,28	1,35
120	29,42	18,32	0,524	3,53	1,46
150	24,68	14,13	0,302	3,57	1,39
CV(%)	15,59	89,17	92,31	27,60	26,45
Média	24,94	16,58	0,360	3,81	1,57

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Observou-se efeito significativo das doses de N para os teores de Ca (Figura 10A) e Mg (Figura 10B), à medida que aumentaram as doses de N, ocorreu diminuição nos teores de Ca e Mg na camada 0,20-0,40 m de solo (Figura 7A).

A redução dos teores de Ca e Mg na camada 0,20-0,40 m de profundidade está relacionada a acidificação do solo, uma vez que a adição das doses de N reduziu o pH e aumentou o teor de Al, esses diretamente relacionados com a disponibilidade de Ca e Mg no

solo, já que interferem na troca elétrica dos nutrientes no solo, afetando os teores disponíveis dos mesmos às plantas.

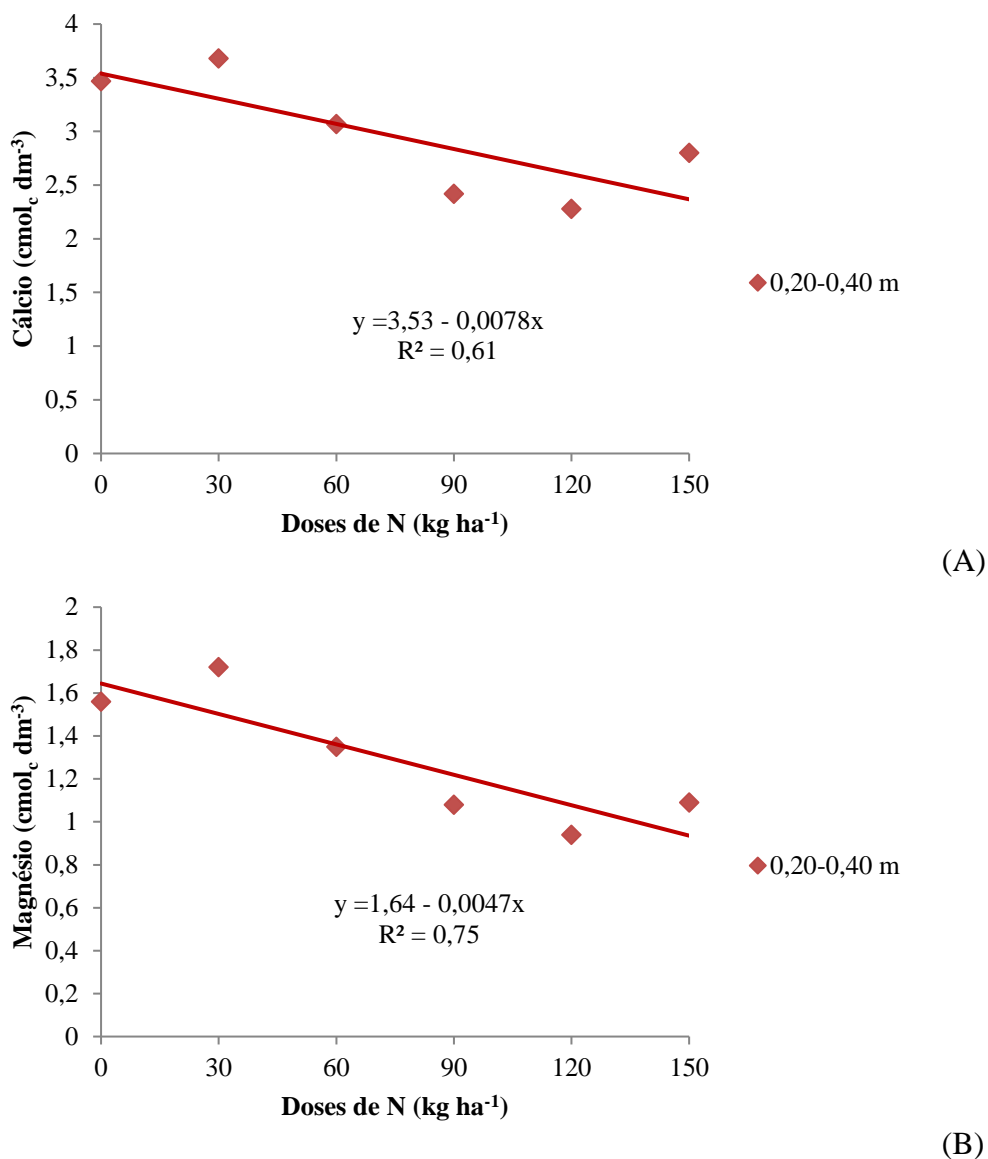


Figura 10-Teor de cálcio (Ca)-(A) e magnésio (Mg)-(B) na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta), Dourados-MS.

Não houve diferença significativa para a os teores dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn na camada 0,20-0,40 m de profundidade de solo nas coletas realizadas (Tabela 7). Isso demonstra que o N não influenciou sobre os teores dos micronutrientes na camada 0,20-0,40 m de solo. A disponibilidade de micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn é afetada pela condição do pH do solo, demonstrando que os índices de pH não afetaram o teor dos micronutrientes no solo na camada 0,20-0,40 m.

Tabela 7- Teores de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) na camada de 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), Dourados-MS.

Primeira Coleta – 0,20-0,40 m				
Doses de N kg ha⁻¹	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----mg dm ⁻³ -----			
0	51,68 ^{ns}	43,20 ^{ns}	10,66 ^{ns}	0,43 ^{ns}
30	67,78	56,81	11,69	0,39
60	63,20	43,33	10,18	0,45
90	68,27	40,21	10,00	0,34
120	66,26	45,76	10,90	0,46
150	60,39	49,54	10,80	0,35
CV(%)	12,84	16,57	10,23	51,82
Média	62,93	46,48	10,71	0,40
Segunda Coleta – 0,20-0,40 m				
Doses de N kg ha⁻¹	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----mg dm ⁻³ -----			
0	47,69 ^{ns}	30,66 ^{ns}	9,28 ^{ns}	0,07 ^{ns}
30	52,86	30,70	9,60	0,06
60	54,40	37,29	8,69	0,18
90	51,90	35,47	8,61	0,21
120	58,11	36,80	8,89	0,15
150	60,00	39,43	9,27	0,23
CV(%)	11,91	32,02	7,98	87,56
Média	54,2	35,06	9,06	0,15

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Apesar das doses de N terem diminuído o valor de pH, aumentado os teores de H+Al e Al, diminuído os teores de Ca e Mg e, reduzido a soma de bases, CTC e o V%, pelo processo de nitrificação, isso não interferiu na disponibilidade desses atributos no solo.

6.3 Ciclagem de nutrientes

6.3.1 Decomposição da matéria seca de milho

Houve influência significativa da interação doses de nitrogênio x tempo ($p < 0,05$) sob a taxa de decomposição da matéria seca do milho. Houve decréscimo exponencial simples para todas as doses de N, e as doses apresentaram taxa de decomposição diferentes, com as doses 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N demonstrando maiores taxas com aproximadamente 20% aos 120 dias (Figura 11).

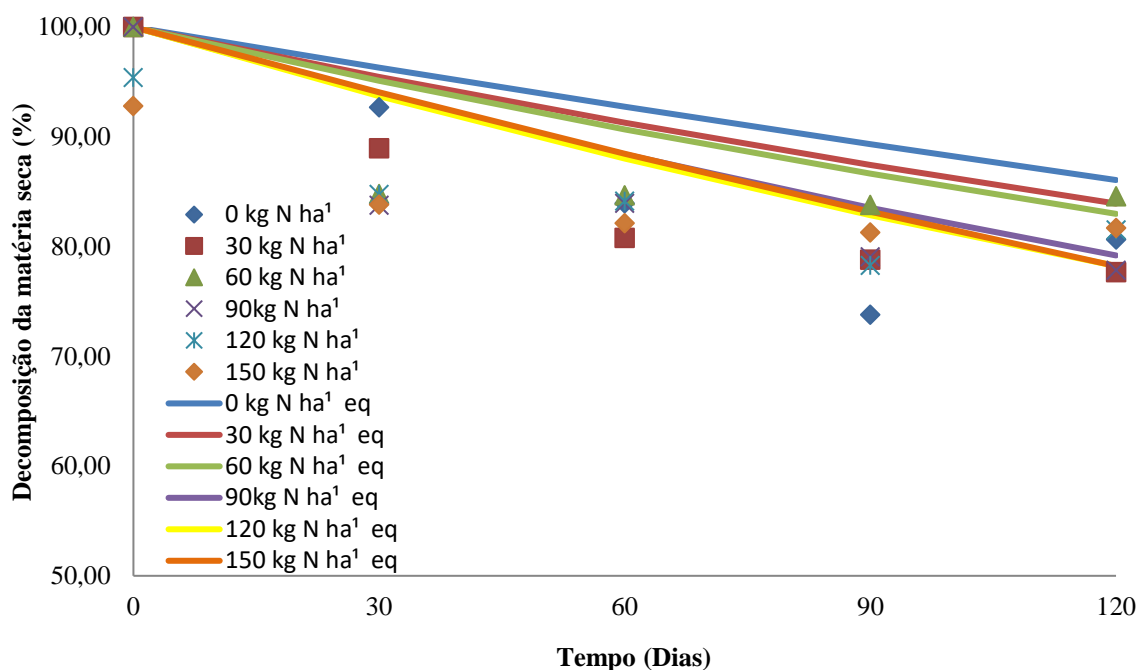


Figura 11-Taxa de decomposição do resíduo vegetal de milho em dias sob doses de nitrogênio.

Avaliando a decomposição da matéria seca, o modelo que melhor representa a decomposição em função das doses de N é o exponencial simples, que demonstra a mineralização no componente prontamente decomponível (%) (Tabela 8). A fração decomponível variou entre 52,81 a 99,50%. O compartimento decomponível apresentou taxa de diminuição média de $\pm 0,0026$ dia (kA).

Tabela 8- Parâmetros do modelo não linear ajustados à matéria seca de milho fertilizado por doses de nitrogênio (N) aplicados na cultura do milho na safra de 2022, Dourados-MS.

Matéria seca				
Compartimento decomponível				
Dose N (kg ha ⁻¹)	Ac. Fra (%)	kA (Dia ⁻¹)	T 1/2 vida (Dias)	R ² (%)
0	88,61	0,0014	485,83	51,54
30	55,49	0,0028	242,98	68,64
60	52,81	0,0032	213,71	58,86
90	56,20	0,0038	179,81	73,59
120	65,00	0,0034	203,82	75,36
150	99,50	0,0020	336,67	69,07

Fração decomponível (Ac. Fra), Taxa de diminuição (kA) e Tempo de meia vida (T ½ vida).

As características e quantidade do resíduo deixado sobre a superfície do solo influenciam na ciclagem e liberação de nutrientes, podendo ser rápida ou gradual, e para que esse processo seja eficiente é necessário o sincronismo entre a liberação do nutriente e a demanda pela cultura anual em sucessão (HENTZ, 2014). Assim, quanto menor a

quantidade de N presente no sistema, maior vai ser a relação C:N, dessa maneira a decomposição e liberação de nutrientes da palhada é gradual e lenta (MEDRADO et al., 2011).

O tempo de meia vida ($T_{1/2}$), componente que faz parte dos parâmetros de decomposição da matéria seca, apresentou valores acima de 179 dias. Isto demonstra que a durabilidade da palhada sobre o solo foi influenciada pelas doses de N, que interferiram na ação dos organismos decompositores, e conseqüentemente na relação C:N.

Conforme aumentou as doses de N, o $T_{1/2}$ vida reduziu, proporcionando menor relação C:N e acelerando a decomposição da palhada no solo, onde a dose de 90 kg ha^{-1} de N demonstrou que levou 179,81 dias para decompor 50% do resíduo vegetal de milho sobre o solo. Já a dose de 150 kg ha^{-1} de N, levou 336,67 dias para decompor 50% da palhada de milho, mostrando que o N pode ter afetado biologicamente a decomposição, inibindo a sobrevivência e ação dos organismos decompositores.

6.3.2 Liberação de nitrogênio do resíduo vegetal de milho

Houve influência significativa da interação doses de N x tempo ($p < 0,0001$) sob a taxa de liberação do N da cultura do milho para a cultura da soja. Há uma constância na liberação gradual de N, e que ao final da avaliação aos 120 dias ocorreu liberação de aproximadamente 60% de N (Figura 12).

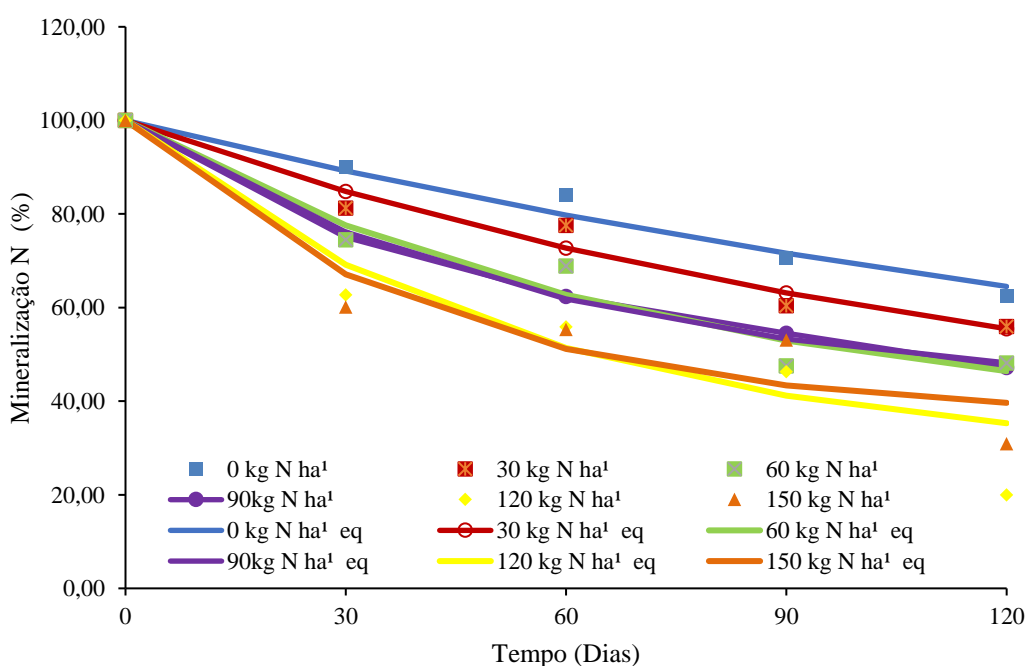


Figura 12-Taxa de liberação de nitrogênio dos resíduos vegetais de milho sob a adubação nitrogenada.

Para os componentes de liberação de N, o modelo exponencial simples foi o que melhor representou a decomposição em função das doses de N (Tabela 9). A fração prontamente decomponível variou entre 59 a 82%.

Tabela 9- Parâmetros do modelo não linear ajustados à liberação de nitrogênio de resíduo da cultura do milho afetado por doses de nitrogênio (N) aplicados na cultura do milho na safra de 2022, Dourados-MS.

Liberação de Nitrogênio				
Dose N (kg ha ⁻¹)	Ac. Fra (%)	kA (Dia ⁻¹)	T 1/2 vida (Dias)	R ² (%)
0	82,22	0,0047	147,21	92,79
30	74,36	0,0076	91,04	88,70
60	66,35	0,0137	50,46	91,75
90	59,47	0,0170	40,55	85,80
120	72,69	0,0184	37,62	73,74
150	63,89	0,0241	28,73	78,53

Fração decomponível (Ac. Fra), Taxa de diminuição (kA) e Tempo de meia vida (T ½ vida).

O tempo necessário para decompor 50% do resíduo inicial (T1/2) variou de 28,73 a 147,21 dias. A taxa de decomposição expressa pelo kA foi de 0,0047 a 0,0241 k dia⁻¹.

Mendonça et al. (2015) estudando várias espécies de plantas de cobertura, constatou que a gramíneas como milho e a *Urochloa ruziziensis* apresentam menor taxa de decomposição e conseqüentemente duração maior sobre o solo, e como benefício a disponibilidade gradual dos nutrientes para o sistema de cultivo.

Fernandes (2006) explica que o nitrogênio está presentes na composição dos compartimentos de maior resistência a decomposição como no esqueleto de cadeias carbônicas que apresentam alta relação C/N conseqüentemente baixa taxa de decomposição. Assim, com a disponibilidade das doses de N ocorreu aumento do uso de N pelos organismos na decomposição, acelerando a relação C/N e conseqüentemente aumentando a liberação de N.

Foi observado que 20 dias após a semeadura da soja, a decomposição da palhada de milho, já havia disponibilizado 20% de N mineral ao solo e conseqüentemente para a cultura da soja, e aos 30 dias já havia acúmulo médio de 3 a 4 kg ha⁻¹ de N no solo (Figura 13).

Esse resultado demonstra que, a decomposição do resíduo vegetal de milho, já estava fornecendo N mineral para a cultura da soja no início do seu desenvolvimento, fase em que a ação da FBN ainda é baixa.

A liberação máxima de N mineral pela decomposição foi para as doses de 120 e 150 kg ha⁻¹ de N, com acúmulo de 7,38 e 6,90 kg ha⁻¹ de aos 120 dias (Figura 13).

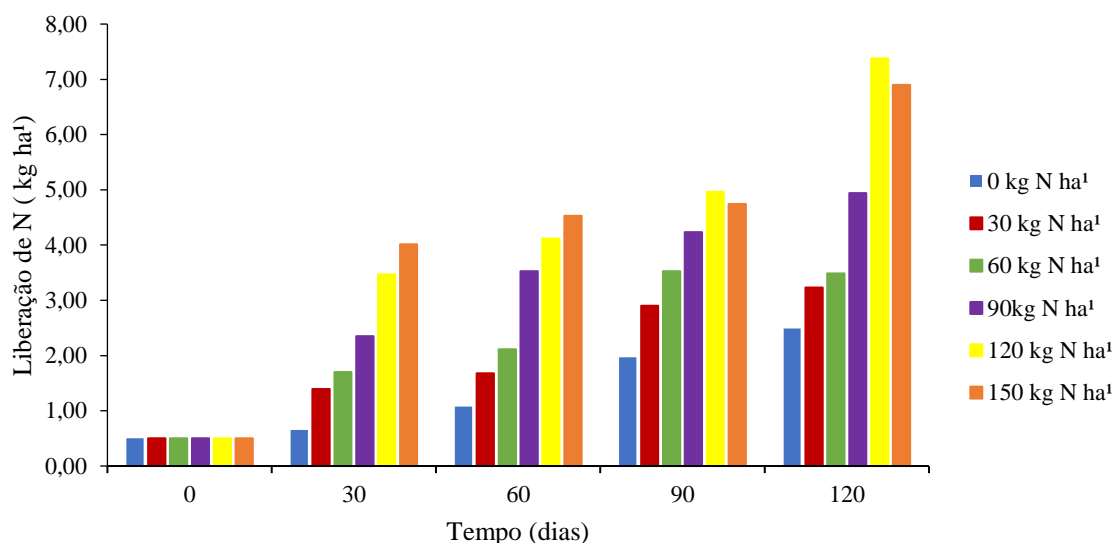


Figura 13-Quantidade de nitrogênio liberado do resíduo vegetal de milho em função do tempo e doses de nitrogênio.

É evidente que a adubação nitrogenada interferiu na relação C:N e nos organismos decompositores da palhada, acelerando a decomposição de 50% (T_{1/2}) do resíduo vegetal, e que também afetou a nodulação na cultura da soja afetando a FBN. Porém, a maior liberação de N mineral no solo, esse prontamente disponível para a assimilação pela cultura da soja também beneficiou a resposta da cultura em produtividade.

6.4 Concentração de macro e micronutrientes no material vegetal da cultura do milho

Não houve diferença significativa nas concentrações de N e Ca foliar na cultura do milho nas safras de 2022 e 2023, e não houve efeito significativo para as concentrações de P foliar na safra de 2023 e Mg foliar na safra de 2022. Já para as concentrações de P na safra de 2022, K nas safras 2022 e 2023 e Mg na safra 2023 as doses de N foram significativas (Tabela 10).

Tabela 10- Concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.

Doses de N kg ha ⁻¹	N		P		K		Ca		Mg	
	-----g kg ⁻¹ -----									
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
0	27,65 ^{ns}	25,55 ^{ns}	2,24*	1,71 ^{ns}	6,00*	10,00*	3,47 ^{ns}	3,80 ^{ns}	2,21 ^{ns}	2,88*
30	30,10	24,85	2,14	1,74	7,13	10,25	3,52	3,82	2,43	3,37
60	32,55	28,00	2,10	1,58	7,25	9,65	3,16	3,65	2,40	3,24
90	32,55	30,10	2,03	1,85	8,00	9,35	3,27	3,28	1,95	2,75
120	24,50	26,95	1,99	1,73	7,75	9,55	3,12	3,44	1,65	2,77
150	31,15	29,05	1,85	1,58	8,25	8,78	3,49	3,28	1,86	2,53
CV(%)	23,38	11,97	8,09	12,06	9,28	7,05	14,48	7,13	18,03	11,15
Média	29,75	27,42	2,05	1,70	7,40	9,60	3,34	3,54	2,08	2,92

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Constatou-se diferença significativa linear decrescente das doses de N em relação ao P na safra de 2022, onde conforme aumentaram as doses de N, diminuiu a concentração de P nas folhas diagnósticas de milho (Figura 14A).

A concentração adequada de P foliar na cultura do milho é de 1,9 a 3,5 g kg⁻¹ (DE SOUZA e LOBATO, 2004). A concentração de P na diagnose foliar ficou adequada para quase todas as doses de N com exceção a dose de 150 kg ha⁻¹.

Segundo Menezes et al. (2018), o P é absorvido pela planta tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva, sendo assim o nutriente com alta variabilidade nutricional nas plantas. No entanto, o aumento da MOS, e a acidificação do solo pela nitrificação do N, que resulta na redução do pH, no aumento do teor de Al³⁺ no solo, e afeta a CTC, propicia a transformação do P no solo para P não-lábil, indisponibilizando o teor do mesmo de forma assimilável pela planta.

Esse processo interfere diretamente na disponibilidade de P para as plantas, reduzindo sua presença na solução do solo e conseqüentemente a absorção pela planta (SASABUCHI et al., 2023).

Observou-se efeito significativo das doses de N sobre a concentração foliar de K na cultura do milho, onde com o incremento das doses de N, aumentou-se a concentração de K na safra 2022. Já para a concentração de K na safra 2023, conforme aumentaram as doses de N, diminuiu a concentração do K nas folhas diagnósticas do milho (Figura 14B).

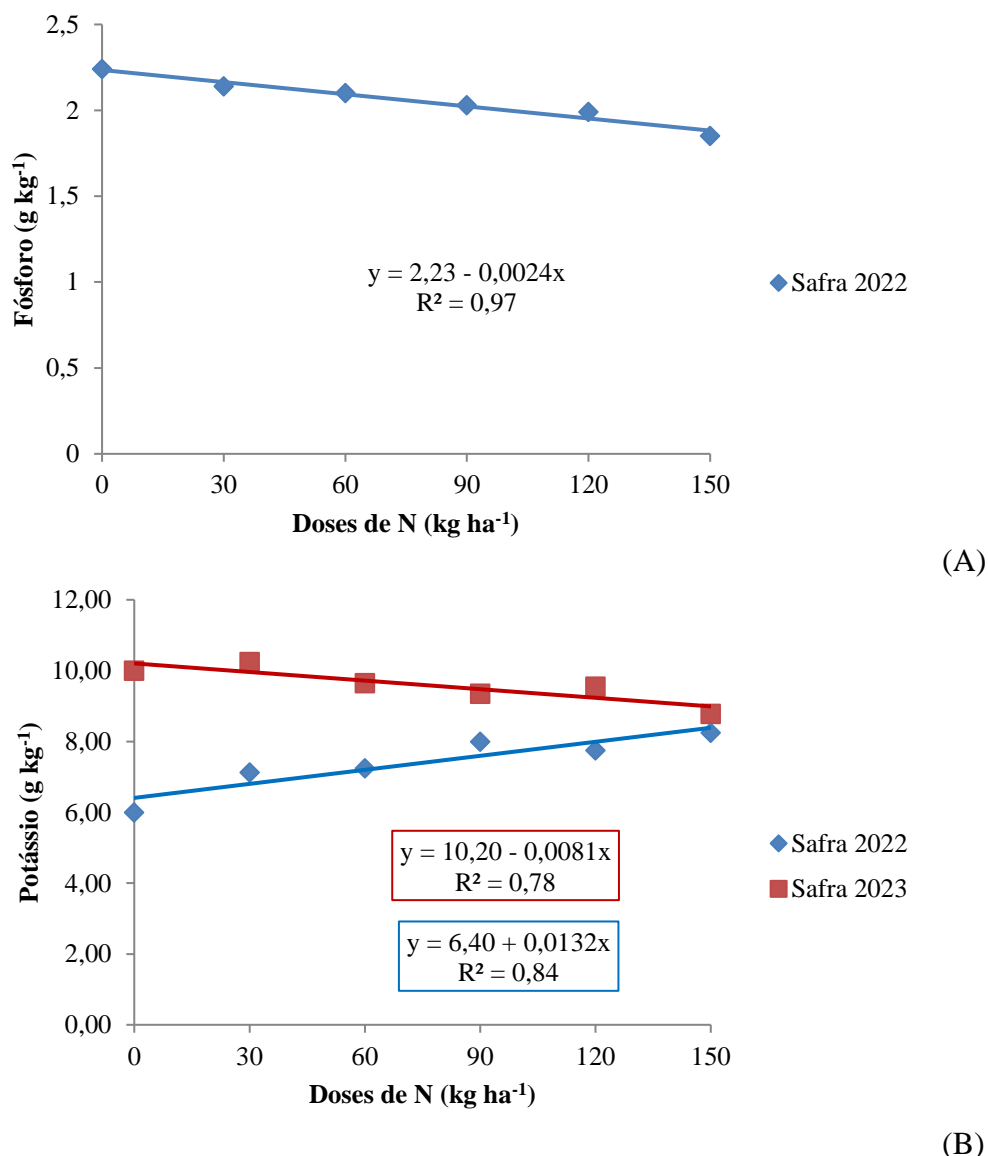


Figura 14-Concentrações de fósforo (P)- (A) e potássio (K)-(B) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras 2022 e 2023, Dourados-MS.

De acordo com Melo et al. (2021), a acidificação do solo torna o K mais propenso a perdas por lixiviação, dificultando, assim, a absorção pelas plantas. Considerando que a média de precipitação em 2023 foi superior à de 2022, existe a possibilidade de perdas de potássio no solo devido ao processo de lixiviação durante o ano de 2023.

Também pode ter ocorrido efeito diluição, que é quando a taxa de crescimento da matéria seca é superior a taxa de absorção do nutriente, e ter influenciado na diferença de concentração de K na diagnose foliar do milho.

A concentração foliar adequada de K para a cultura do milho é de 17 a 30 g kg⁻¹ (DE SOUZA e LOBATO, 2004). As concentrações de K ficaram abaixo do considerado adequado para as safras de 2022 e 2023.

A concentração máxima de Mg foi observada na safra de 2023, alcançada com a aplicação da dose de 44 kg ha⁻¹ de N (Figura 15). A concentração considerada adequada de Mg foliar é de 1,5 a 4,0 g kg⁻¹ (DE SOUZA e LOBATO, 2004). As concentrações de Mg na diagnose foliar estão adequadas.

Além disso, a acidez do solo reduz dos íons de Mg em seus colóides, tornando-o menos disponível para absorção pelas plantas. Esses fatores podem ter sido determinantes na diminuição da concentração de Mg no solo.

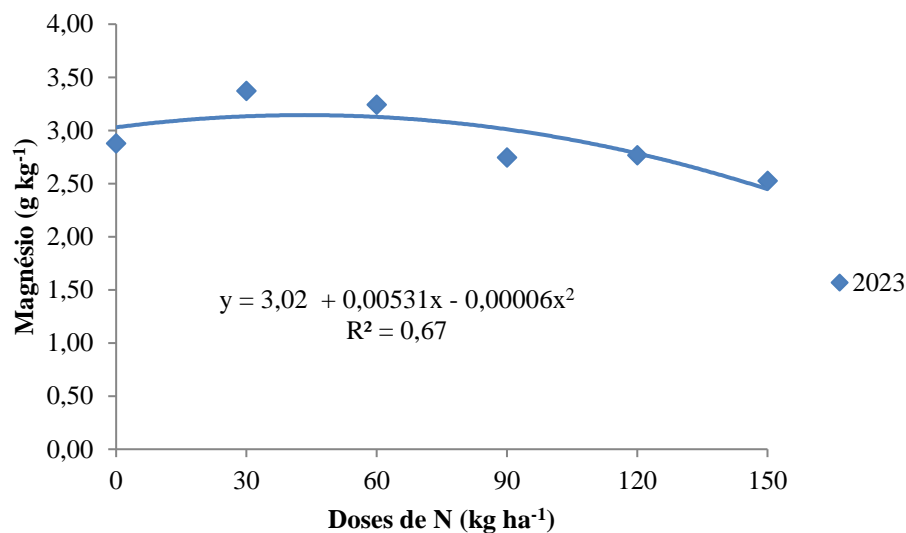


Figura 15-Concentração de magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) na safra 2023, Dourados-MS.

Observou-se influência das doses de N sobre as concentrações foliar de Mn na safra de 2022 e Fe na safra de 2023 na cultura do milho. Não houve diferença significativa nas concentrações foliares de Mn na safra de 2023, Fe na safra de 2022, e Cu e Zn nas safras de 2022 e 2023 (Tabela 11).

Tabela 11 - Concentração foliar de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas diagnósticas da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.

Doses de N kg ha ⁻¹	Fe		Mn		Cu		Zn	
	-----mg kg ⁻¹ -----							
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
0	114,3 ^{ns}	935,9 [*]	27,37 [*]	46,40 ^{ns}	9,03 ^{ns}	10,85 ^{ns}	14,20 ^{ns}	18,40 ^{ns}
30	119,8	328,2	31,58	32,45	8,78	6,85	12,70	11,63
60	206,9	366,3	50,30	36,42	15,14	7,60	17,15	16,47
90	195,1	420,9	63,69	39,47	14,54	8,13	11,97	15,60
120	237,7	259,2	80,23	36,60	17,28	7,88	18,41	14,07
150	302,3	246,8	95,23	40,95	17,84	8,07	19,77	14,65
CV(%)	46,17	57,74	28,15	16,97	29,32	22,87	41,94	23,95
Média	196,0	426,2	58,06	38,72	13,76	8,23	15,69	15,13

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

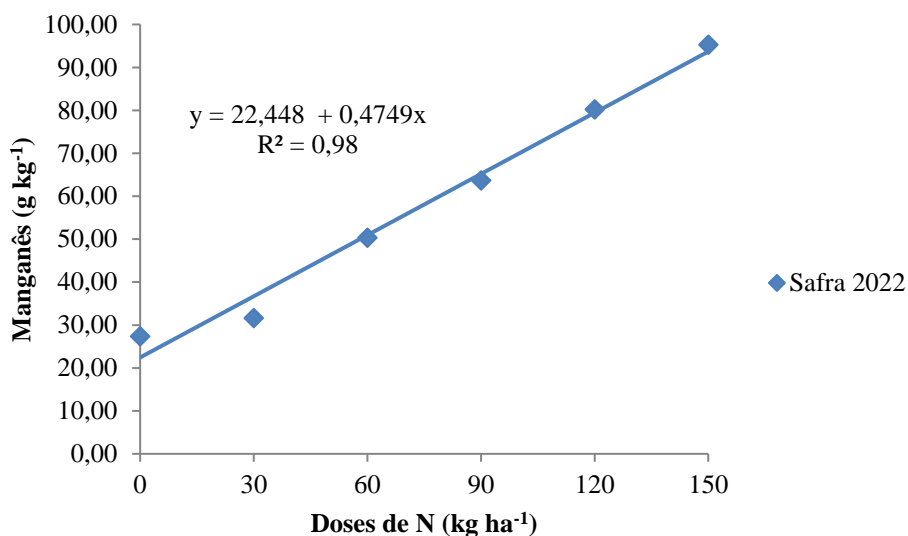
Houve influência significativa das doses de N sobre a concentração de Mn (Figura 16A) na safra de 2022. Para a concentração de Fe, a testemunha apresentou maior concentração quando comparada aos demais tratamentos (Figura 16B), e apresentou sua menor concentração com a dose de 115 kg ha⁻¹ de N na safra 2023.

O Fe e o Mn são os micronutrientes presentes em solos tropicais, sendo eles importantes em diversos processos vitais das plantas como a fotossíntese e respiração (ALEJANDRO et al., 2020).

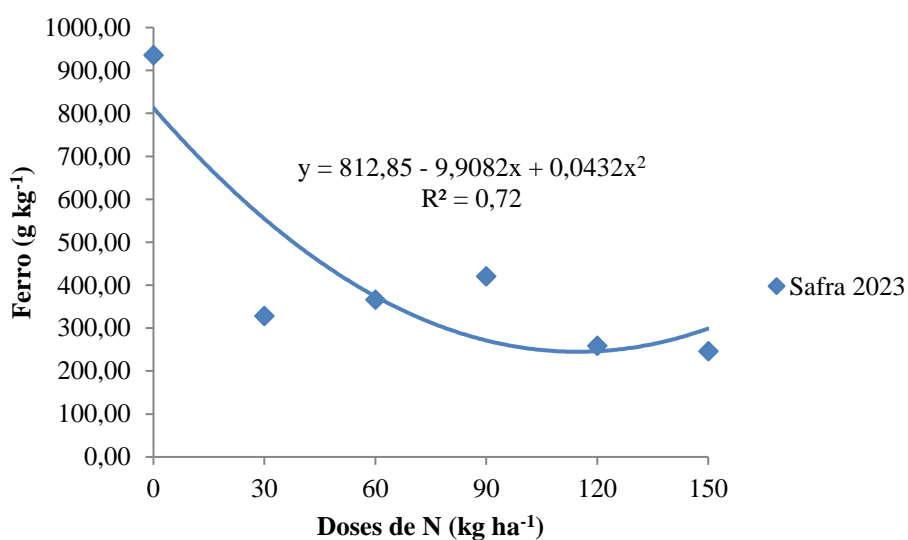
A concentração foliar do Mn nas plantas está diretamente ligada à disponibilidade dele no solo, uma vez que o Mn é condicionado ao pH do solo. A concentração adequada de Mn foliar está na faixa entre 20 a 200 mg kg⁻¹ considerada adequada para a cultura do milho (DE SOUSA e LOBATO, 2004), sendo as concentrações adequadas para as duas safras.

Conforme Atencio (2021), o Fe faz parte da proteína ferredoxina que é um representante de proteínas associadas entre Fe e S (Fe-S), sendo essa diretamente ligada à participação da redutase do nitrato, transformando NO₃⁻ em NO₂⁻, sendo de extrema importância para o metabolismo de N nas plantas.

Segundo de Sousa e Lobato (2004), a concentração adequada de Fe foliar deve estar entre 30 a 250 mg kg⁻¹ na cultura do milho para ser considerada adequada. Assim, a Figura 8B demonstra que a concentração de Fe foliar na cultura do milho estava alta.



(A)



(B)

Figura 16 - Concentração de manganês (Mn)-(A) e ferro (Fe)-(B) da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio na safra 2022 e safra 2023, Dourados-MS.

6.5 Concentração de macro e micronutrientes de material vegetal da cultura da soja

As análises demonstraram diferença significativa nas concentrações de N e K foliar na cultura da soja. Não houve significância para concentrações de P, Ca e Mg foliar na diagnose das folhas de soja (Tabela 12).

Tabela 12 - Concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

Doses de N kg ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg
	-----g kg ⁻¹ -----				
0	27,3*	2,75 ^{ns}	11,03*	6,71 ^{ns}	1,74 ^{ns}
30	33,9	3,24	12,52	7,34	2,03
60	32,2	2,98	17,11	7,49	2,08
90	36,0	3,04	16,00	6,75	2,14
120	36,0	3,03	14,75	7,10	2,14
150	29,0	2,75	13,27	6,55	1,90
CV(%)	9,58	12,00	8,13	10,66	9,16
Média	32,43	2,96	14,11	6,99	2,00

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A máxima concentração de N foi com a dose de 83 kg ha⁻¹ de N (Figura 17). É de conhecimento que não se faz necessário à disponibilização de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja, uma vez que adquire N do solo através da decomposição da matéria orgânica e via fixação biológica (FBN), e que a adubação nitrogenada tende a reduzir a nodulação, inibindo assim a ação das bactérias fixadoras de N, com prejuízo ao rendimento da cultura. Desse modo, a utilização de doses de N, proporcionou ao sistema de cultivo, através da decomposição dos resíduos vegetais de milho, a liberação gradual do N, contribuindo para o desenvolvimento da cultura da soja.

É possível observar que o residual de N aplicado em cobertura na cultura do milho na dose de 83 kg ha⁻¹ de N foi capaz de atender a demanda de N no estágio vegetativo da cultura da soja. Entretanto, a concentração ideal de N foliar na soja é de 40 a 54 g kg⁻¹, e a concentração de N ficou abaixo da faixa adequada para todas as doses residuais de N.

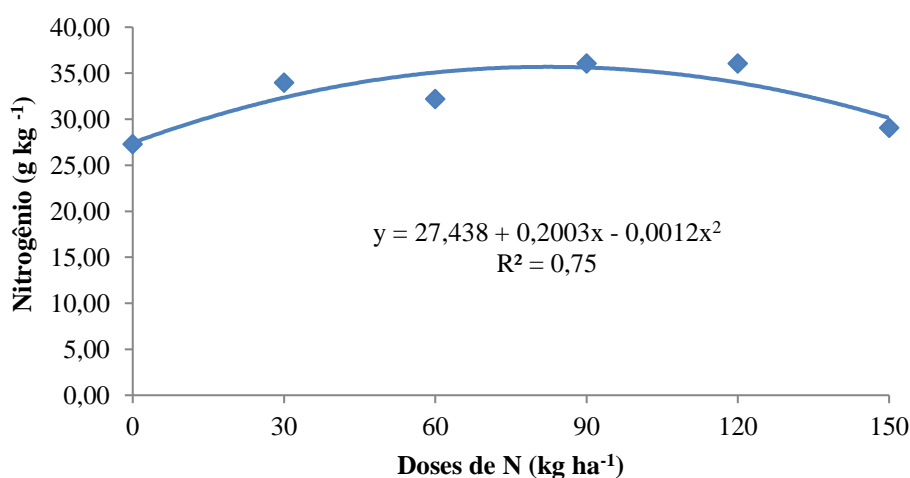


Figura 17- Concentração de nitrogênio (N) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

No entanto, até 63 kg ha⁻¹ de N (Figura 18) não houve interferência na nodulação, mas a partir daí já houve declínio na nodulação, evidenciando a inibição das bactérias na fixação biológica de N. Isso se deve pela alta concentração de N no solo, onde as bactérias assimilam que não há necessidade de fixar o N atmosférico e tendem a aproveitar o N disponível no solo reduzindo gradativamente a FBN.

Na época do florescimento, uma planta de soja bem nodulada deve apresentar, no campo, entre 15 e 30 nódulos ou 100 a 200 mg de nódulos secos por planta (HUNGRIA, CAMPO e MENDES, 2001). O N afetou a nodulação, já que os números de nódulos no florescimento estavam abaixo de 15 nódulos, sendo que na dose de 150 kg ha⁻¹ de N expressou mínimo número de nódulos com menos de sete.

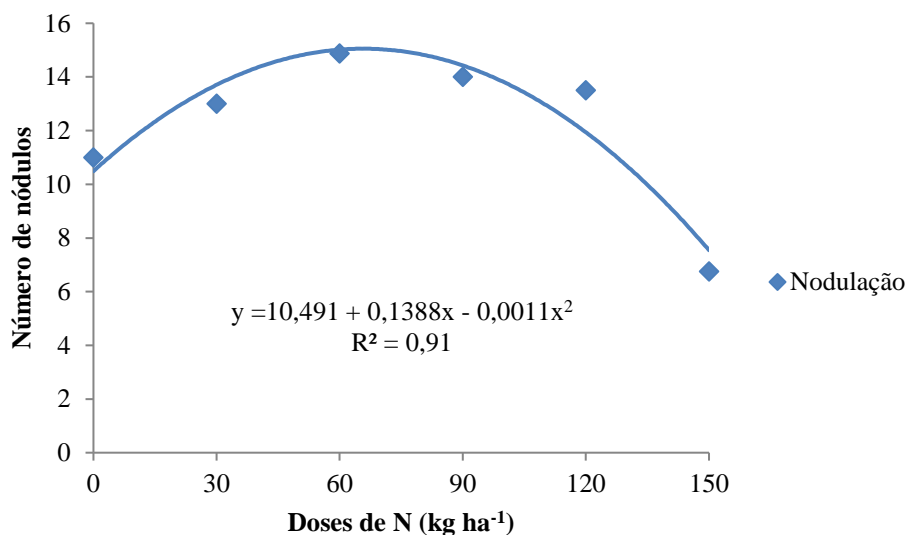


Figura 18- Número de nódulos no sistema radicular na cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

A máxima concentração de K nas folhas diagnósticas da soja se deu com a dose de 81 kg ha⁻¹ de N (Figura 19). A testemunha reflete a quantidade mínima de K absorvido pelas plantas proveniente tanto da adubação inicial, quanto da liberação gradual do nutriente pela decomposição da MOS. Consequentemente, a aplicação de doses de N no milho proporcionou maior concentração de outros nutrientes pelas plantas. Esses nutrientes foram liberados no sistema devido à decomposição dos resíduos vegetais, evidenciando que havia teores mais elevados de K disponível para a absorção pelas plantas. Isso resultou em maiores concentrações de K nas folhas diagnósticas da cultura da soja.

Após a absorção de N, ocorre a conversão do nitrato para nitrito e, subsequentemente, do nitrito para amônio, catalisada pelas enzimas nitrato redutase e nitrito redutase, e nessa dinâmica a interação entre esses nutrientes, o K potencializa a atividade da

enzoma nitrato redutase na parte aérea da planta (BALOTF, KAVOOSI e KHOLDEBARIN, 2016).

A concentração adequada de K nas folhas de soja é de 17 a 25 g kg⁻¹, e quase todas as doses apresentaram concentração abaixo de 17 g kg⁻¹, com exceção a de 60 kg ha⁻¹ de N.

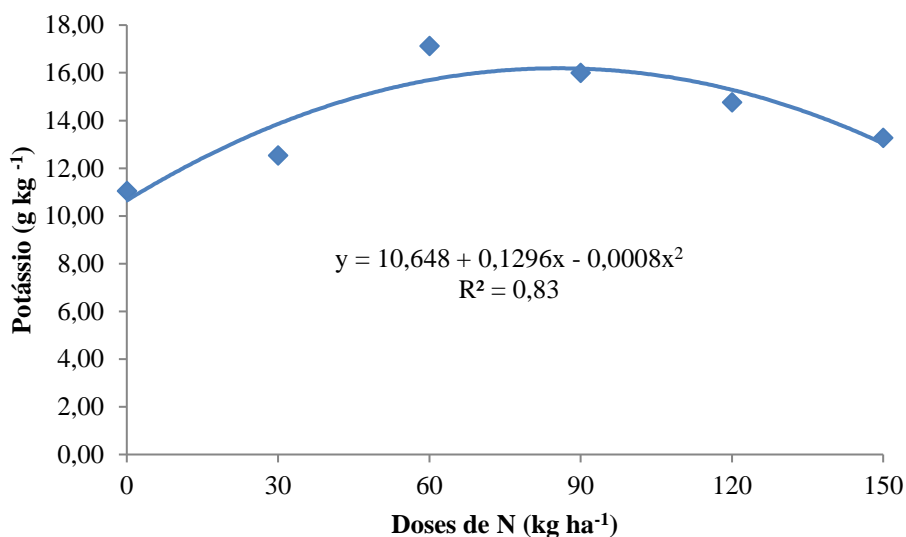


Figura 19- Concentração de potássio (K) nas folhas diagnósticas na cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

Observou-se significância na concentração de Fe e Mn foliar na cultura da soja. Não houve efeito significativo para a concentração de Cu e Zn foliar na cultura da soja (Tabela 13).

Tabela 13- Concentração foliar de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

Doses de N kg ha ⁻¹	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----			
0	846,3*	96,1*	5,52 ^{ns}	23,60 ^{ns}
30	226,5	107,1	4,62	25,77
60	179,0	107,5	4,55	23,37
90	182,8	131,2	3,80	26,95
120	167,9	134,9	3,82	25,17
150	151,2	131,2	4,05	23,90
CV(%)	73,49	12,31	26,34	14,48
Média	292,3	118,0	4,39	24,80

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A concentração de Mn apresentou aumento linear à medida que as doses de N foram incrementadas, e a concentração mínima de Fe foi estimada na dose de 103 kg ha⁻¹ de N

(Figura 20). A concentração ideal de Mn foliar para a cultura da soja é de 21 a 100 mg kg⁻¹ e para o Fe 51 a 350 mg kg⁻¹ (DE SOUZA e LOBATO, 2004). Assim, a concentração de Mn na diagnose foliar da soja encontra-se alta e para Fe adequadas com exceção da testemunha, já que a mesma esta acima da faixa adequada (Figura 20).

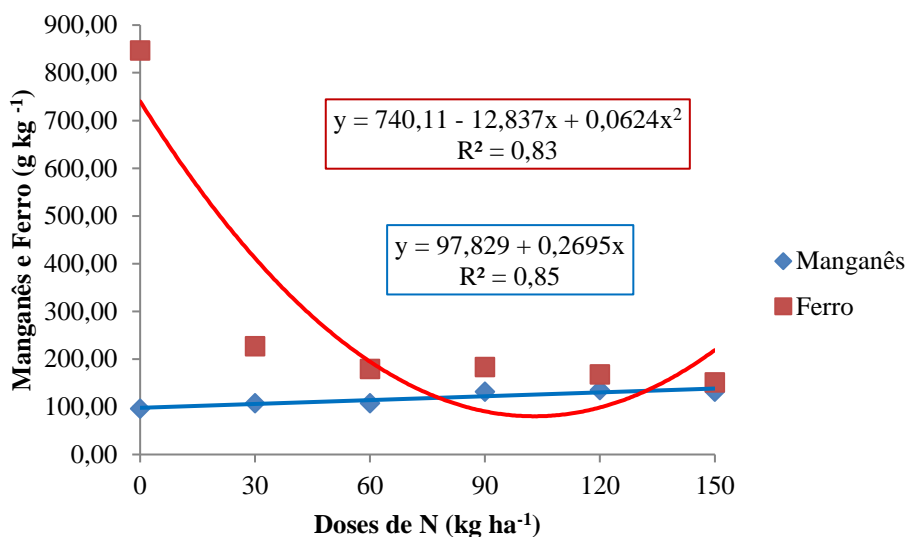


Figura 20- Concentração de manganês (Mn) e ferro (Fe) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

Segundo Wang et al. (2023), índices positivos de concentração de Mn na folha sem a adição do mesmo via foliar, significam que o teor de Mn do solo está acima do suficiente. Os solos predominantes no cerrado são compostos principalmente por argilas do tipo 1:1 e oxihidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) (BERNARDES e ORIOLI JÚNIOR, 2018). Isto pode explicar a alta concentração de Fe na folha, já que o solo característico da região possui em sua composição alto teor de Fe.

6.6 Componentes de produção da cultura do milho nas safras 2022 e 2023

A cultura do milho através de ajuste de regressão de doses de N, respondeu positivamente para altura de plantas na safra 2022, e nas safras 2022 e 2023 para inserção de primeira espiga, peso de mil grãos (PMG) e produtividade para as doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 14).

Para a altura de plantas não houve efeito significativo na safra de 2023 com média de 1,86 cm, abaixo da característica da cultivar que é de 2,35 cm. Também não ocorreu significância para número de grãos por espiga, número de fileiras por espiga e número de

grãos por fileira nas safras de 2022 e 2023 com médias de 425,29 e 418,77; 15 e 16; 28 e 26, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14- Altura de plantas (ALT), altura de inserção de 1ª espiga (ALTIE), número de grãos por espiga (NGE), número de fileira por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), peso de mil grãos (PMG) e produtividade da cultura do milho nas safras 2022 e 2023 fertilizadas com doses de nitrogênio, Dourados-MS.

Safra Milho 2022							
Doses de N kg ha⁻¹	ALT (cm)	ALTIE (cm)	NGE	NFE	NGF	PMG (g)	Produtividade kg ha⁻¹
0	1,43*	0,55*	436 ^{ns}	15 ^{ns}	29 ^{ns}	102,5*	3.067*
30	1,57	0,63	447	15	29	115,0	2.918
60	1,64	0,62	425	16	27	170,0	3.733
90	1,67	0,61	406	15	27	212,5	4.696
120	1,69	0,67	408	15	27	202,5	4.699
150	1,72	0,71	428	15	28	215,0	6.083
CV (%)	4,43	6,50	6,48	3,14	5,38	6,83	11,07
Média	1,62	0,63	425	15	28	169,6	4.199
Safra Milho 2023							
Doses de N kg ha⁻¹	ALT (cm)	ALTIE (cm)	NGE	NFE	NGF	PMG (g)	Produtividade kg ha⁻¹
0	1,81*	0,86*	380 ^{ns}	16 ^{ns}	24 ^{ns}	152,5*	7.561*
30	1,86	0,86	436	16	27	175,0	8.433
60	1,93	0,85	429	16	27	187,5	9.161
90	1,80	0,89	424	16	26	205,0	9.889
120	1,92	1,01	429	16	27	212,5	10.739
150	1,86	0,98	416	16	26	222,5	13.644
CV (%)	3,01	5,84	9,50	3,65	8,14	3,67	10,34
Média	1,86	0,91	419	16	26	192,5	9.904

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Observou-se efeito significativo linear para altura de plantas, conforme se aumentaram as doses de N, aumentou-se a altura de plantas (Figura 21) na safra 2022, já para a safra 2023 não houve diferença significativa entre as doses de N.

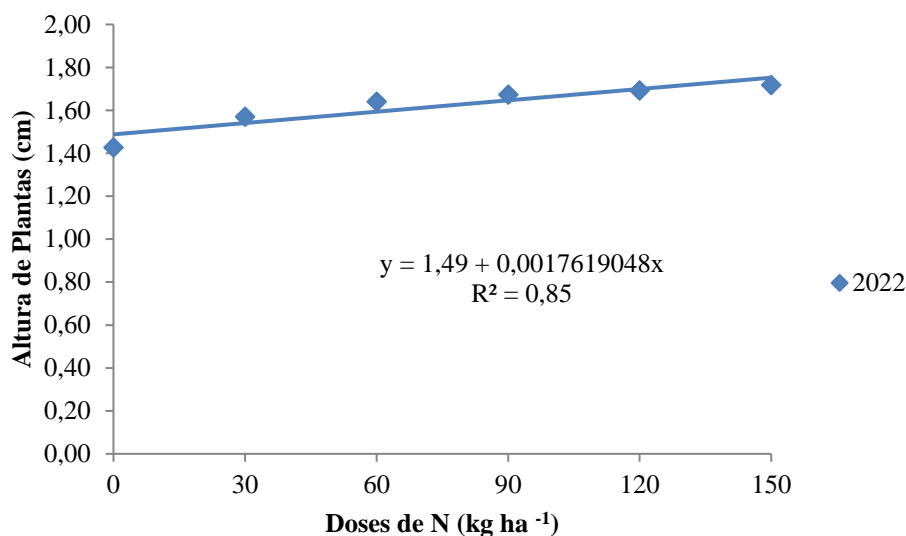


Figura 21- Altura de plantas de milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) na safra 2022, Dourados-MS.

Conforme Adhikari et al. (2021), doses de N afetam significativamente os componentes de rendimento da cultura do milho, sendo a altura de plantas e inserção de primeira espiga afetadas pela presença de N no solo, dada a participação direta desse nutriente nos processos de divisão e expansão celular, assim como na fotossíntese.

Plantas de milho que recebem adequada suplementação de N podem apresentar melhor desenvolvimento vegetativo. No entanto, plantas que atingem alturas consideráveis têm uma propensão maior ao acamamento, devido ao menor diâmetro do caule, condição indesejável, pois ela não oferece resistência adequada à ação de ventos fortes.

Houve influência significativa linear das doses de N sobre a altura de inserção da primeira espiga, conforme se aumentaram as doses de N (Figura 22). Contudo, a altura de inserção da 1ª espiga exerce influência direta no acamamento. Isto é, quanto mais elevada for essa inserção, maior a suscetibilidade ao acamamento, indicando que as doses de 120 e 150 kg ha⁻¹ de N proporcionaram melhor desenvolvimento vegetativo, entretanto, condicionaram as plantas de milho ao risco de acamamento.

Da Silva et al. (2022) trabalhando com doses de N nasemeadura e em cobertura para a cultura do milho, também demonstraram que ocorreu influência positiva do N para altura de primeira espiga de milho. Na planta, o nitrogênio possui função estrutural, sendo constituinte de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, enzimas, e materiais de transferência de energia, como, a clorofila, ADP e ATP, tendo também um papel nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA et al., 1997).

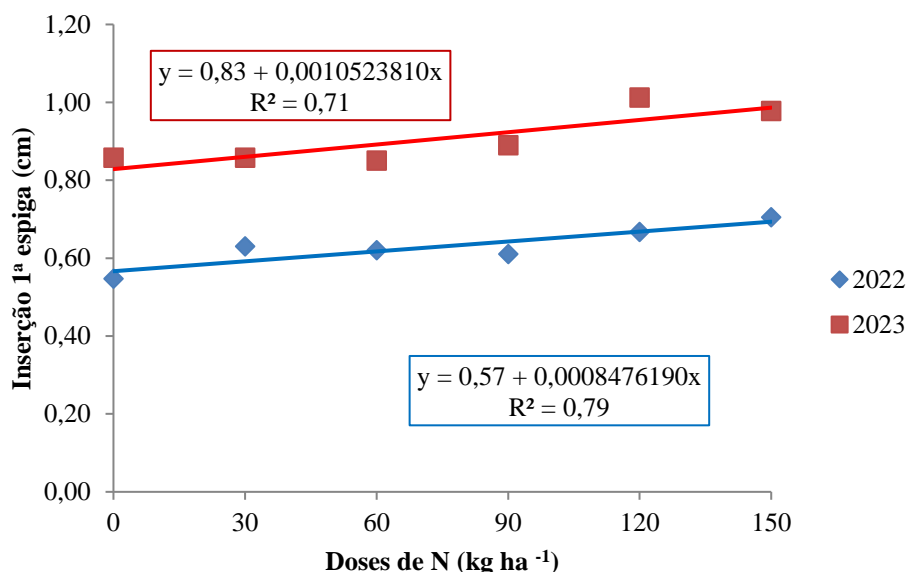


Figura 22-Altura de inserção da primeira espiga na cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras 2022 e 2023, Dourados-MS.

Observou-se influência significativa das doses de N sobre o peso de mil grãos (PMG) nas safras 2022 e 2023, com o aumento das doses de N, aumentou-se essas variáveis (Figura 23).

Alguns fatores podem ter contribuído para o aumento do PMG, podendo ser fatores ambientais, como temperatura e umidade, e fatores culturais, como a disponibilidade das doses de N. Sendo assim, o incremento de doses de N é um fator que contribuiu significativamente para o ganho de PMG nas safras de 2022 e 2023, onde a dose de 150 kg ha⁻¹ de N apresentou PMG de 215 g em 2022 e 222,5 g em 2023.

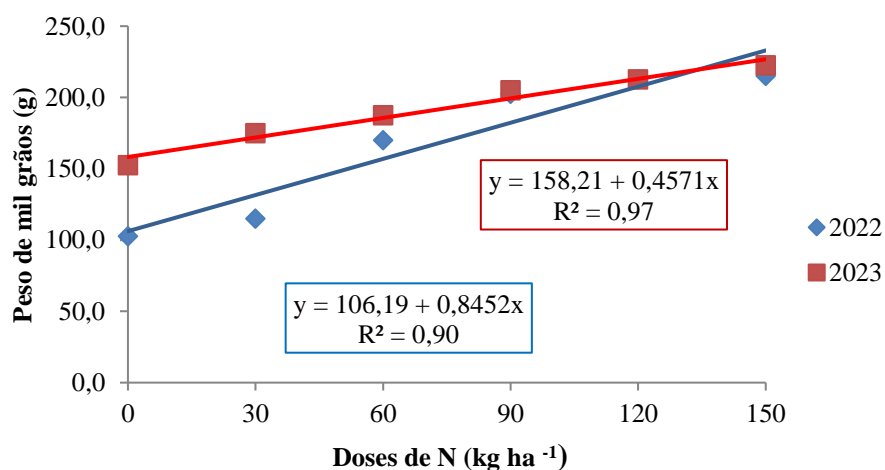


Figura 23- Peso de mil grãos (PMG) da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.

Houve efeito significativo das doses de N para a produtividade na cultura do milho. Na safra de 2022 e na safra de 2023, com o aumento das doses de N, aumentou-se a produtividade do milho (Figura 24).

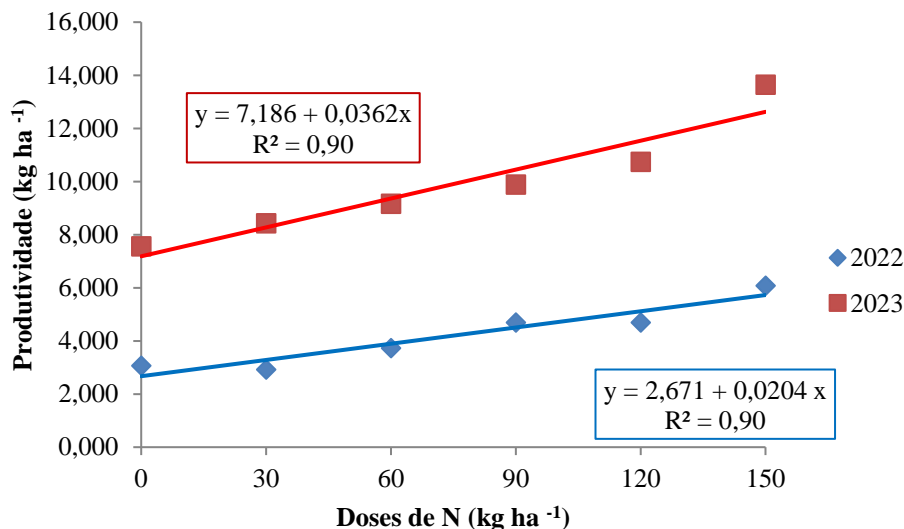


Figura 24- Produtividade da cultura do milho fertilizado com doses de nitrogênio (N) nas safras de 2022 e 2023, Dourados-MS.

Também foi observada diferença na produtividade entre as safras de 2022 e 2023, sendo que, na safra de 2023, a produção de milho registrou aumento de 57,6% em relação à safra de 2022.

Essa variação pode ser atribuída às condições climáticas, já que houve diferença nas médias de temperatura e na precipitação acumulada entre os anos de 2022 e 2023. Em 2022, a precipitação acumulada foi em média de 3.619 mm, enquanto em 2023 foi de 4.292 mm, representando diferença de 673 mm entre os dois anos. Além disso, as médias de temperatura mínima e máxima também divergiram, sendo mínima de 14,52°C e máxima de 29,68°C em 2022 e mínima de 15,64°C em 2023 e máxima de 30,33°C em 2023.

Portanto, ao observar o período de cultivo da cultura milho (março a julho) para os anos de 2022 e 2023 (Figura 1) claramente o ano de 2022 teve acumulado de chuva maior que 2023 com média de 4.300 mm em 2022 e 2.221 mm em 2023. Melo Junior et al. (2021), avaliando a influência da precipitação média em anos diferentes sobre a cultura do milho, observaram que anos com maiores precipitações não responderam em maiores produtividades, isso porque a distribuição espacial e temporal das chuvas é um fator importante e, influencia da produtividade na cultura do milho.

Durante o ciclo da cultura, entre março a julho para os anos de 2022 e 2023, ocorreram melhor frequência e intensidade das precipitações (Figura 1), e também maiores

temperaturas no estágio vegetativo de desenvolvimento do que no reprodutivo. Essa variação que ocorreu entre um estágio e outro podem contribuir no rendimento final da cultura.

Conforme Jabal et al. (2022), a observação e compreensão da variação de temperatura e a taxas anuais de precipitação é importante para o sistema de cultivo, pelo potencial de influenciar significativamente no rendimento final das culturas.

Sabendo disso a falta ou a má distribuição espacial e temporal de chuva obrigam as plantas de milho há desenvolverem estratégias de adaptação e aclimatação morfológicas, anatômicas, fisiológicas e bioquímicas como ferramenta de preservação do seu estado hídrico (DOS SANTOS et al., 2022).

Outro fator que está relacionado com a diferença de produtividade das safras de 2022 e 2023 é o teor dos nutrientes disponíveis no solo, uma vez que, a análises do solo demonstrou que, mesmo o N provocando a acidificação do solo, não afetou o teor adequado dos nutrientes. Também, a safra de 2023 já possuía melhor condição de cobertura do solo, oriunda dos cultivos anteriores, o que conseqüentemente, melhor teor de MO e disponibilidade de nutrientes provenientes desses resíduos vegetais.

O N proporcionou aumento na produtividade quando as doses foram maiores, trazendo assim a importância de se manejar corretamente esse nutriente na cultura do milho, buscando máxima eficiência do uso.

6.7 Componentes de produção da cultura da soja

A cultura da soja respondeu significativamente para o efeito residual das doses de N aplicadas em cobertura no cultivo anterior de milho, refletindo-se na altura das plantas e na inserção da primeira vagem, com médias de 67,58 e 8,91 cm, respectivamente. Além disso, observou-se influência significativa do efeito residual das doses de N aplicadas no cultivo anterior de milho sobre o PMG e a produtividade, com médias de 156 g e 3.787 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 15).

Não houve diferença significativa do efeito residual das doses de N aplicadas no cultivo anterior de milho sobre número de vagens e número de grãos por vagem (Tabela 15).

Tabela 15 - Altura de plantas (ALT), altura de inserção de 1ª vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), nodulação, peso de mil grãos (PMG) e produtividade da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

Doses de N kg ha ⁻¹	ALT (cm)	AIPV (cm)	NVP	NGV	Nodulação	PMG (g)	Produtividade kg ha ⁻¹
0	65,0*	11,09*	34 ^{ns}	2,45 ^{ns}	11,00*	120*	2.627*
30	66,5	9,10	38	2,35	13,00	135	3.134
60	66,8	8,60	41	2,34	14,88	150	3.692
90	67,3	8,51	34	2,33	14,00	163	3.918
120	68,8	8,20	37	2,32	13,50	175	4.859
150	71,5	6,88	36	2,35	6,75	193	4.494
CV (%)	3,58	8,30	15,54	5,56	53,13	4,48	7,80
Média	67,58	8,91	37	2,35	12,19	156	3.787

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Vale ressaltar que as respostas da cultura da soja a essas características avaliadas é um conjunto de fatores como condições climáticas, microbiológicas, físicas e químicas, que em conjunto com a liberação lenta de N da decomposição de restos vegetais de milho contribuíram no bom desenvolvimento da cultura da soja.

Observou-se que ocorreu aumento da altura de plantas conforme houve incremento de doses de N (Figura 25).

Contudo vale lembrar que variações do ambiente podem afetar a expressão gênica, segundo Yang et al. (2021), a altura de plantas na cultura da soja é uma característica geneticamente controlada. Portanto, o ambiente é determinante para o desenvolvimento de plantas com qualidade e resposta positiva na utilização dos nutrientes disponíveis.

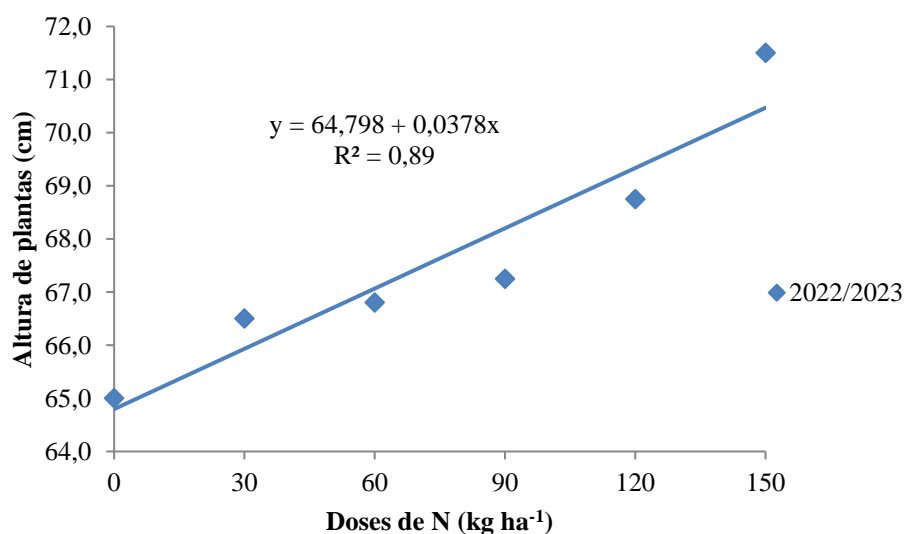


Figura 25- Altura de plantas da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

A altura de inserção da primeira vagem (AIPV) foi negativamente influenciada pelo efeito residual das doses de N, uma vez que a testemunha apresentou inserção superior em comparação com as doses de N (Figura 26).

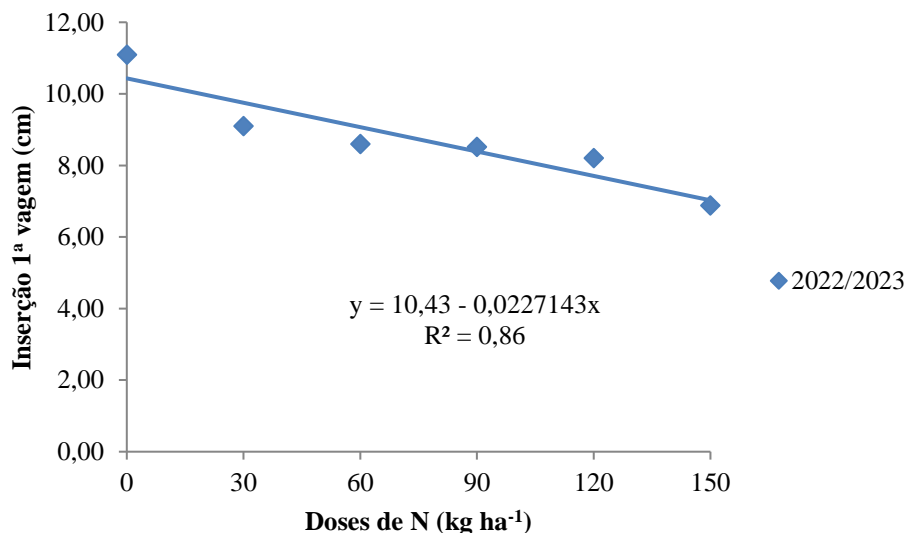


Figura 26- Altura de inserção da primeira vagem na cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

É importante salientar que a altura de inserção de primeira vagem influencia diretamente no resultado da produtividade, uma vez que se muito próximas ao solo dificultam a colheita mecanizada, sendo a altura ideal acima de 10 cm (SOARES et al., 2015). Sendo assim, os 5 tratamentos com adubação nitrogenada na safra de milho anterior a soja não foram capazes de responder positivamente para a inserção de primeira vagem, e ficando abaixo de 10 cm.

No entanto, a testemunha que não recebeu N respondeu significativamente para inserção com altura maior que 10 cm. A expressão gênica da cultura, em associação com a disponibilidade de N, teve impacto no resultado dessa característica. Han et al. (2020) demonstraram que culturas com floração mais tardias e indeterminadas juntamente com altura de inserção de primeira vagem mais alta resultam em melhores condições produtivas e, em contraste, inserção de vagens menores e florescimento padrão as condições produtivas são dificultadas.

Constatou-se significância no PMG da cultura da soja, onde houve aumento de peso proporcionalmente ao incremento das doses (Figura 27). Esse resultado é importante, pois demonstra a influência do N no PMG, em conjunto com fatores ambientais e culturais (SOARES, 2015). A característica agrônômica da cultivar utilizada para o PMG é de 185g,

demonstrando que as doses de N colaboraram com o desempenho da cultivar para essa característica, já que as maiores doses foram as que se aproximaram do ideal.

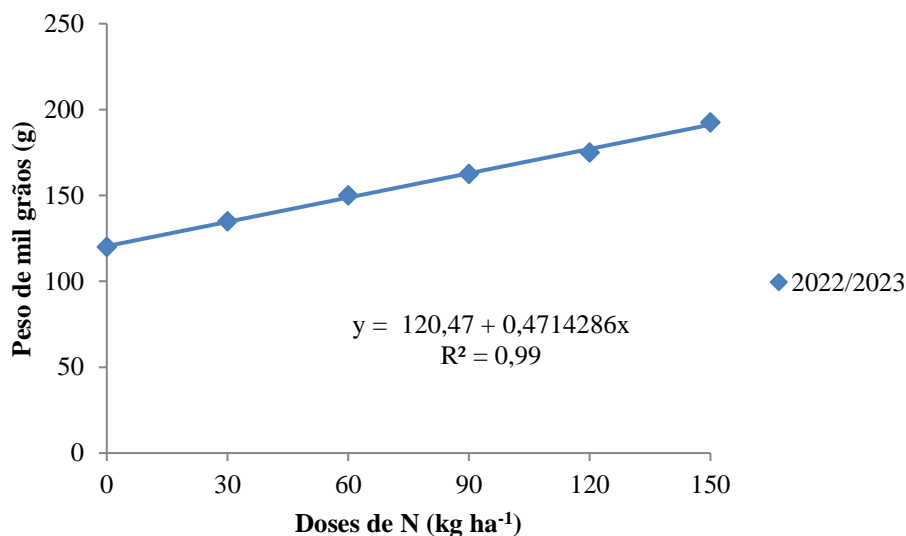


Figura 27- Peso de mil grãos (PMG) da cultura sob efeito residual de dose de nitrogênio (N) na safra 2022/2023, Dourados-MS.

O efeito residual do N demonstrou diferença linear positiva a produtividade na cultura da soja, observando-se aumento proporcional da produtividade à medida que se aumentou a quantidade de N aplicado (Figura 28).

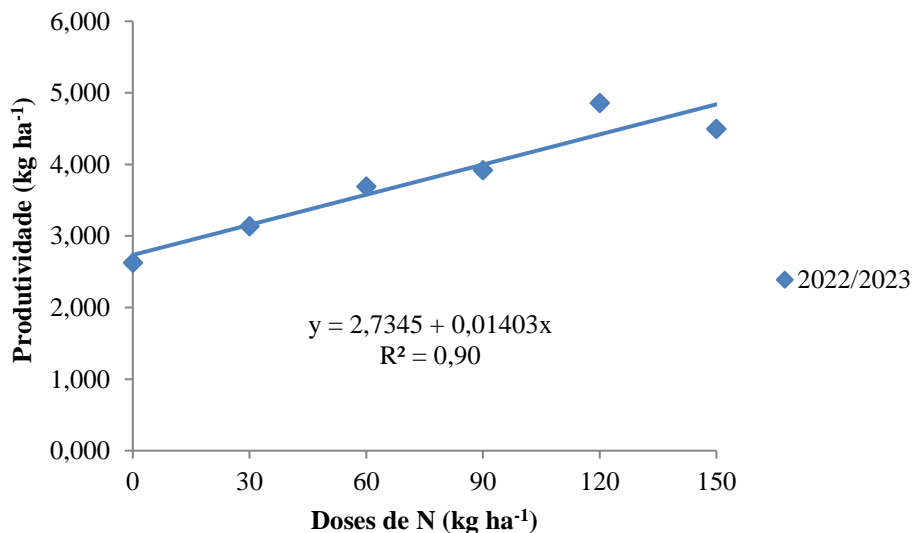


Figura 28- Produtividade da cultura da soja sob efeito residual de doses de nitrogênio (N) na safra de 2022/2023, Dourados-MS.

Cabe ressaltar que em sistemas integrados, a dinâmica do N tende a ser acelerado, o que pode ser benéfica à cultura sucessora. Dessa maneira, o residual de N aplicado durante o inverno ou na safrinha pode estar disponível para a cultura de verão por meio da

mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), resultando em maior eficiência na utilização do N, mantendo elevadas produtividades e otimizando o sistema de produção (BESEN et al., 2020).

Para o aumento de produtividade nas culturas é importante manejar adequadamente a MOS, para que essa possa promover alterações na estrutura física, química e biológica do solo (SCHOUTEN, 2018). Um solo com aporte adequado de MOS está mais apto a manter a umidade do solo e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes, além das plantas serem mais resistentes as adversidades climáticas (LAL, 2020).

Também a adubação nitrogenada no milho proporcionou potencial residual de N capaz de contribuir na fixação biológica de nitrogênio (FBN) agindo simbioticamente com *Bradyrhizobium*, sem prejudicar a ação das bactérias fixadoras de N e suprimindo a necessidade da cultura da soja, principalmente no início do desenvolvimento da cultura e com respostas em produtividade.

Segundo Santos (2019), a cultura da soja não deve receber adubo nitrogenado, levando em consideração principalmente o alto custo, e que a inoculação com *Bradyrhizobium* aplicado nas sementes é um viés mais econômico.

Desse modo, o residual de N dos tratamentos com maiores doses de N (120 e 150 kg ha⁻¹ de N) responderam significativamente quanto ao aproveitamento da cultura da soja em se suprir nutricionalmente, e responder positivamente em produtividade, sendo um viés econômico para o sistema de produção da cultura.

Mesmo a adubação nitrogenada provocando a acidificação e reduzindo teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo, os mesmos apresentaram teores dentro da faixa adequada para a cultura da soja, justificando a produtividade da cultura.

CONCLUSÃO

O milho e a soja responderam em produtividade para a dose de 150 kg ha⁻¹ de N, em cultivo de sucessão. Houve diferença de produtividade nos anos de cultivo avaliado para o milho.

O N promoveu aumento da acidificação do solo, reduziu o pH e aumentou o teor de Al³⁺. Houve redução dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ nas camadas de 0-0,20 e 20-40 cm.

A concentração foliar de todos os nutrientes estão dentro da faixa adequada, de acordo com a exigência de cada cultura.

A ciclagem disponibilizou N mineral ao solo, melhorando aproveitamento do N pela cultura da soja na fase vegetativa e reprodutiva, acelerou a decomposição (pela redução da relação C/N), e interferiu na FBN afetando a nodulação.

A adubação nitrogenada deve ser manejada com cautela, pois, o aumento das doses de N, influenciam negativamente na FBN, na nodulação e nas características químicas do solo.

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, K.; BHANDARI, S.; ARYAL, K. Efeito de diferentes níveis de nitrogênio no crescimento e produtividade de variedades híbridas de milho (*Zea mays* L.) Machine Translated by Google. **Jornal de Agricultura e Recursos Naturais**, v. 4, p. 48–62, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3126/janr.v4i2.33656>

ALEJANDRO, S.; HÖLLER, S.; MEIER, B. PEITER, E. Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 300, 2020.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; LAZARINI, E.; SMILJANIC, K. B. A.; SIMÃO, G. A.; MATOS, F. S. A.; BARBOSA, U. R.; SILVA, V. J. A.; MIRANDA, B. C.; SILVA, A. R. Análise das variáveis tecnológicas na cultura da soja (glycine max) com utilização de remineralizador de solo como fertilizante. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 56835-56847, 2020. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-190>

ALMEIDA, J. V. **A polêmica do uso de nitrogênio em soja**. 3. ed. 2015. Disponível em: <http://www.doutoresdaterra.com.br/plantas/a-polemica-do-uso-de-nitrogenio-em-soja>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ANGHINONI, I., CARVALHO, P. D. F., COSTA, S. D. A. Abordagem sistêmica do solo em Sistemas Integrados de Produção Agrícola e Pecuária no subtropico brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8, n. 2, p. 325–380, 2013.

ASSMANN, T., MARTINICHEN, D., LIMA, R. C., HUF, F. L., ZORTÉA, T., ASSMANN, A. L., ... & ALVEZ, S. J. ADUBAÇÃO DE SISTEMAS E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA. In: [S.l.: s.n.], 2018. p. 123–144.

ATENCIO, L.; SALAZAR, J.; LAUTER, A. N. M.; GONZALES, M. D.; O'ROURKE, J. A.; GRAHAM, M. A. Caracterização das respostas ao estresse de ferro de curto e longo prazo em soja tolerante e suscetível à deficiência de ferro (*Glycine max* L. Merr.). **Estresse de Plantas**, v. 2, p. 100012, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100012>

BALOTF, S.; KAVOOSI, G.; KHOLDEBARIN, B. Nitrate reductase, nitrite reductase, glutamine synthetase, and glutamate synthase expression and activity in response to different nitrogen sources in nitrogen-starved wheat seedlings. **Biotechnology and applied biochemistry** v. 63, n. 2, p. 220-229, 2016. doi: 10.1002/bab.1362

BERNARDES, J. V. S.; ORIOLI JÚNIOR, V. Efeito residual de fertilizantes fosfatados associados a substâncias húmicas na cultura do milho. **Anais do II Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica**, Uberaba, MG, v.2, n.1, 2018.

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; GOETTEN, M.; FIOREZE, S. L.; GUGINSKI-PIVA, C. A.; PIVA, J. T. Produtividade e retorno econômico do milho em sistema de produção integrado com doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. , p. 94-103, 2020. Doi: [10.5965/223811711912020094](https://doi.org/10.5965/223811711912020094)

BEZERRA, M. A.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, F. T.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, F. F. D.; SILVA, A. R. Calcium in the mineral nutrition of yellow passion fruit cultivated in lined pits and with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia**

Agrícola e Ambiental, v. 25, p. 256-263, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n4p256-263>

BONO, J. A. M.; DOS SANTOS RUFINO, R.; GONÇALVES, R. C. Fertilizantes Nitrogenados em Cobertura para Pastagem Marandu (*Brachiaria brizantha*) no Mato Grosso do Sul. **Uniciências**, v. 23, n. 2, p. 127-132, 2019. Doi: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2019v23n2p127-132>

CANALLI, L. B. S.; SANTOS, J. B.; BENASSI, D. A.; FRANCISCO, A. L. O.; BENASSI, C.; AGUIAR, A. N.; CORDEIRO, E.; MENDES, R. S. Soil carbon and structural quality in crop rotations under no-tillage system. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, p. e20190603, 2020.

CAVALCANTE, W. S. S.; DA SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CHRISTOPHER POEPLAU, A. D. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 25 fev. 2015.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: Acompanhamento safra brasileira de grãos. Quarto levantamento, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5354-com-nova-reducao-estimativa-para-safra-de-graos-2023-24-e-de-306-4-milhoes-de-toneladas>

CORRENDO, A. A.; ADEE, E.; ROSSO, L. H. M.; TREMBLAY, N.; PRASAD, P. V. V.; DU, J.; CIAMPITTI, I. A. of corn nitrogen management on the following soybean crop. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 2, p. 1475–1488, 2022.

COSTA, T. P. D.; PARANATINGA, I. L. D.; PEREIRA, R. J. B.; SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, P. C. Evaluation of the growth of young corn plants grown in different types of soil. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 1, p. 10-14, 2019.

DA SILVA, L. M.; JUNIOR, R. L. S.; RESENDE, C. L. P.; MONTES, R. M.; BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S. Planting fertilization and nitrogen doses in topdressing in second-crop corn. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, n. 4, p. e6968-e6968, 2022. Doi: <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.6968>

DE MELO JÚNIOR, J. J. B.; BORGES, P. F.; ARAÚJO, L. S. Influência das precipitações na produtividade de milho na microrregião do Curimataú Ocidental. **Revista interdisciplinar e do meio ambiente (RIMA)**, v. 3, n. 1, p. e114-e114, 2021.

DE OLIVEIRA MEIRELES, A. R.; LEMOS, V. P.; TEIXEIRA, O. M. M.; DANTAS, K. D. G. F. D.; MACHADO, M. C. G. R.; DE MORAES, M. C. **Nutrients Available and Stable Carbon from Archaeological Black Earth**. 2021. Doi: <https://doi.org/10.4236/jep.2021.1211051>

DE SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

DIAS DOS SANTOS, F.; FANTINEL, R. A.; BROETTO WEILER, E.; CABRAL CRUZ, J. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. 2, p. 272-278, 5 jul. 2021.

DOS SANTOS, J. A. F., CLEMENTE, R., DO NASCIMENTO, A. F., FERREIRA, A. Mudanças nos teores de nitrato e amônio no solo causados pelo uso de inibidores de urease e nitrificação, 2020.

DOS SANTOS, T. B. Respostas fisiológicas à seca, salinidade e estresse térmico em plantas: uma revisão. **Salienta**, v. 2, n. 1, pág. 113-135, 2022.

DU, J. B.; HAN, T. F.; GAI, J. Y.; YONG, T. W.; Xin, S. U. N.; WANG, X. C.; YANG, W. Y. Maize soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 747-754, 2018.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral De Plantas**. 2006. 420–432 p. ISBN 8586504025.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C.; BUZETTI, S.; PAGLIARI, P. H.; SANTINI, J. M.; ALVES, C. J.; ARF, O. Maize yield response to nitrogen rates and sources associated with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, Madison v. 111, n. 4, p. 1985-1997, 2019. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0481>.

GUIMARÃES, C. C. B.; DEMATTÊ, J. A. M.; AZEVEDO, A. C. D.; SILVA, R. C. D.; SALAZAR, D. F. U. Intemperismo de solos originados de diabásio na Bacia do Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n., 3, p. 09-27, 2021. Doi: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210063>

HAN, X.; WANG, D.; SONG, G. A expressão de um gene SOC1 de milho aumenta o potencial de rendimento da soja através da modulação do crescimento e da floração das plantas. **Relatórios Científicos**, v. 1, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92215-x>

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, v. 36, n. II, p. 663-676, 2014.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>

JABAL, Z. K.; KHAYYUN, T. S.; ALWAN, I. A. Impacto das mudanças climáticas na produtividade das culturas usando séries temporais MODIS-NDVI. **Revista de Engenharia Civil**, v. 06, n., p. 2022. Doi: [10.28991/CEJ-2022-08-06-04](https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-06-04)

KASCHUK, G.; NOGUEIRA, M. A.; DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with *Bradyrhizobium*. **Field Crops Research**, v. 195, n. p. 21-27, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429016301630>. Acesso em: 14 fev. 2018.

KRYZEVICIUS, Z.; JANUSIENE, L.; KARCAUSKIENE, D.; SLEPETIENE, A.; VILKIENE, M.; ZUKAUSKAITE, A. Resposta de lixiviação de alumínio à precipitação ácida em solo afetado por calcário. **Zemdirbyste-Agricultura**, v. 4, p. 2019. Doi: 10.13080/z-a.2019.106.040

LAL, R. Soil carbon sequestration and aggregation by cover cropping. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 6, p. 329–339, 2020.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba, Potafós. 319p (1997).

MARAFON, G.; BARBOSA, R. S.; LACERDA, J. J. J.; MARTINS, V.; SILVA, J. D. F.; COSTA JUNIOR, O. S. C. P pool restoration by a no-tillage system on Brazilian Cerrado Oxisol in Piauí State. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 4, p. 254, 2020.

MARTINS, D.; JAKELAITIS, A.; PEREIRA, L.; MOURA, L.; GUIMARÃES, K. Manejo do Consórcio entre milho e *Urochloa brizantha* com subdoses de tembotrione. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v.13, n.2, p.5528, 2018.

MASCARENHAS, H.A.A. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante o seu ciclo vegetativo. 2019. 100f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, Piracicaba, 2019.

MEDRADO, R. D., DE FACCIO CARVALHO, P. C., DE MORAES, A., ESTER DE MOURA, R. I. O. S., LANG, C. R., LOPES, É. C. P. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, p. 97-107, 2011.

MELO, F. D. B.; BASTOS, E.; CARDOSO, M.; de ANDRADE JUNIOR, A. S. **Recomendação de adubações nitrogenada e potássica nas produtividades técnica e econômica de milho** - Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2021.

MENDONÇA, V. Z. D., MELLO, L. M. M. D., ANDREOTTI, M., PARIZ, C. M., YANO, É. H., PEREIRA, F. C. B. L. Liberação De Nutrientes da Palhada de Forrageiras Consorciadas com Milho e Sucessão com Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183–193, 2015. ISSN 18069657.

MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; VIEIRA JUNIOR, V. D.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 55-59, jul./set. 2018.

MILANI, G. L.; OLIVEIRA, J. A., SILVA, L. H. C., PINHO, É. V. D. R. V., GUIMARÃES, R. M.. Nodulação e desenvolvimento de plantas oriundas de sementes de soja com altos teores de molibdênio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2008.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C.; REIN, T.A.; GOMES, A.C. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.6, p.563- 572, 2018.

MORAIS, V. D. A. C. DE. **Diagnose da composição nutricional para a cultura da soja na região centro sul do Mato Grosso do Sul**. 2020. 60 f. UFGD, 2020.

MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 482, 2017.

MORENO, G.; ALBRECHT, A. J. P.; PIEROZAN JUNIOR, C.; PIVETTA, A. T.; TESSELE, A.; LORENZETTI, J. B.; FURTADO, R. C. N. Application of nitrogen fertilizer in high-demand stages of soybean and its effects on yield performance. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 1, p. 16-21, 2018. Disponível em: http://www.cropj.com/moreno_12_1_2018_16_21.pdf. Acesso em: 14 fev. 2018.

MORRIS, T. F.; MURRELL, T. S.; BEEGLE, D. B.; CAMBERATO, J. J.; FERGUSON, R. B.; GROVE, J.; KETTERINGS, Q.; KYVERYGA, P. M.; LABOSKI, C. A. M.; MCGRATH, J. M.; MEISINGER, J. J.; MELKONIAN, J.; MOEBIUS-CLUNE, B. N.; NAFZIGER, E. D.; OSMOND, D.; SAWYER, J. E.; SCHARF, P. C.; SMITH, W.; SPARGO, J. T.; VAN ES, H. M.; YANG, H. Strengths and limitations of Nitrogen rate recommendations for corn and opportunities for improvement. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 1, p. 1–37, 2018.

NOVAES, J. F. M.; DOS SANTOS LIMA, G.; COSTA, C. T. S.; MORAES, J. R.; GOMES, M. B. Uso de doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha em naviraí-MS. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

OKUMA, I. G.; CRUZ, V. H.; NICOLAI, A. B.; FRIAS, Y. A.; CATÃO, H. C. R. M.; FERRARI, S.; BONINI, C. S.; PRADO, E. P.; LOPES, P. R. M.; LIMA, R. C.; TOMAZ, R. S. Productivity evaluation of soybean varieties inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* in no-tillage system under *Urochloa ruziziensis* straw. **International Journal of Development Research**, [s. l.], v. 9, n. 8, p. 29197-29200, 2019.

SANTOS, L. P.; CLIBAS, V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura da soja: influência sobre a produtividade de grãos e teores de nitrogênio nas folhas**. Atena editora, v. 5, p. 50–66, 2019. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w16019>>. Doi: 10.22533/at.ed.243190312

SASABUCH, I. T. M.; KRIEGER, K. S.; NUNES, R. S.; FERREIRA, A. C.; XAVIER, G. T. M.; URZEDO, A. L.; CARVALHO, W.A.; FADINIB, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do Estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 46, n. 2 p. 185-198, 2023.

SCHOUTEN, C. Agriculture, nature and food: valuable and connected. **The Netherlands as a leader in circular agriculture**. NaFQotN Ministry of Agriculture, Editor, 2018. <https://www.netherlandsworldwide.nl/documents/publications/2018/11/19/agriculturenature-and-food-valuable-and-connected>
SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenas, 2016. 310p.

SELA, S.; VAN ES, H. M.; MOEBIUS-CLUNE, B. N.; MARJERISON, R.; MELKONIAN, J.; MOEBIUS-CLUNE, D.; SCHINDELBECK, R.; GOMES, S. Adapt-N outperforms grower-selected nitrogen rates in northeast and midwestern united states strip trials. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 4, p. 1726–1734, 2016.

SILVA, F.C.; ABREU, M.F.; PÉREZ, D.V.; EIRA, P.A.; ABREU, C.A.; RAIJ, B.; GIANELLO, C.; COELHO, A.M.; QUAGGIO, J.A.; TEDESCO, M.J.; SILVA, C.A.; BARRETO, W.O. Métodos de análises químicas para fins de fertilidade do solo. In: SILVA, F.C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Distrito Federal, p.107-189, 2009.

SOARES, I. O.; DE REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; FRONZA, V.; TEIXEIRA, C. M. Interaction between Soybean Cultivars and Seed Density. *American Journal of Plant Sciences*, v. 06, n. 09, p. 1425–1434, 2015. Doi: [10.4236/ajps.2015.69142](https://doi.org/10.4236/ajps.2015.69142)

SODRÉ, D. C.; GALVÃO, J. R.; PACHECO, M. J. B.; BARBOSA, A. V. C.; SILVA BRONZE, A. B.; MELO, N. C.; NASCIMENTO, I. S. B. Teores de nutrientes em milho (*Zea mays* L.) e aplicação de nitrogênio em solo amazônico. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 6- 14, 2019.

SOUZA, V.; GONÇALVES, R.; OLIVEIRA, C.; SANTOS, R. Modelo insumo-produto interregional para avaliação econômica de fenômenos climáticos na oferta de cereais no Rio grande do Sul. **XXII Encontro de Economia da Região Sul**. ANPEC SUL, 2019.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. **Nutrição mineral da soja**. Piracicaba: Potafos, 2018. p. 105-135.

TAVARES, M. S.; PINTO, L. A.; PINHEIRO, C. C.; PINHEIRO, J. C.; PINTO, A. A.; DA CAMARA, F. T. Características agronômicas do milho em função da adubação nitrogenada e troca de engrenagens na semeadora. **Acta Iguazu**, v. 10, n. 2, p. 77-89, 2021. Doi: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v10i2.27085>

TAVEIRA, C. J.; FARRELL, R.E.; WAGNER-RIDDLE, C.; MACHADO, P. V. F.; DEEN, B.; CONGREVES, K. A. Tracing crop residue N into subsequent crops: Insight from long-term crop rotations that vary in diversity. **Field Crops Research**, v. 255, n. July, p. 107904, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107904>>.

TRIPATHI, A. K.; RAM, R. B.; ROUT, S.; KUMAR, A.; PATRA, S. S. Studies on the effect of nitrogen levels and spacing on quality traits of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Kashi Sweta. **International Journal of Chemistry Studies** v. 5, n. 6, p. 537-540, 2017.

VANHIE, M.; DEEN, W.; LAUZON, J. D.; HOOKER, D. C. Effect of increasing levels of maize (*Zea mays* L.) residue on no-till soybean (*Glycine max* Merr.) in Northern production regions: A review. **Soil and Tillage Research**, v. 150, p. 201–210, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.01.011>>.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. **Cálcio, magnésio e enxofre**. In: FERNANDES, Manlio Silvestre. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.299-325, 2019.

WANG, Y.; LI, J.; PAN, Y.; CHEN, J.; LIU, Y. Metabolic responses to manganese toxicity in soybean roots and leaves. **Plants**, v. 12, n. 20, p. 3615, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants12203615>

WU, G.; CHEN, Z.; JIANG, N.; JIANG, H.; CHEN, L. Effects of long-term no-tillage with different residue application rates on soil nitrogen cycling. **Soil & Tillage Research**, v. 212, p. 105044, 2021.

XAVIER, C. V.; MOITINHO, M. R.; TEIXEIRA, D. B.; SANTOS, G. A. A.; BARBOSA, M. A.; MILORI, D. M. B.; RIGOBELLO, E.; CORÁ, J. E.; SCALA JUNIOR, N. L. Crop rotation and succession in a no-tillage system: Implications for CO₂ emission and soil attributes. **Journal of Environmental Management**, v. 245, p. 8-15, 2019.

XU, Z.; LI, C.; ZHANG, C.; YU, Y.; VAN DER WERF, W.; ZHANG, F. Intercropping maize and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use; A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 246, n. 2, p. 107661, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107661>>.

ANEXOS

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos atributos químicos do solo na camada 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta – 1^o) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Coleta	pH CaCl ₂	H+Al	Al	SB	CTC	V%
Doses de N kg ha ⁻¹	1 ^a	0,001*	0,003*	0,008*	0,009*	0,023*	0,008*
	2 ^a	5,76 ^{ns}	24,82 ^{ns}	14,11 ^{ns}	34,95 ^{ns}	100,0 ^{ns}	18,26 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos teores de macronutrientes na camada 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Coleta	M.O	P	K	Ca	Mg
Doses de N kg ha ⁻¹	1 ^a	10,09 ^{ns}	100,0 ^{ns}	28,85 ^{ns}	0,015*	0,070*
	2 ^a	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}	37,75 ^{ns}	32,96 ^{ns}	28,94 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos micronutrientes do solo na camada 00-0,20 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Coleta	Fe	Mn	Cu	Zn
Doses de N kg ha ⁻¹	1 ^a	28,00 ^{ns}	6,89 ^{ns}	7,46 ^{ns}	7,11 ^{ns}
	2 ^a	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}	24,15 ^{ns}	100,0 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos atributos químicos do solo na camada 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Coleta	pH CaCl ₂	H+Al	Al	SB	CTC	V%
Doses de N kg ha ⁻¹	1 ^a	0,008*	0,0107*	0,03*	0,041*	0,014*	0,022*
	2 ^a	14,92 ^{ns}	0,0209*	0,02*	100,0 ^{ns}	6,96 ^{ns}	0,023*

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos teores de macronutrientes na camada 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Coleta	M.O	P	K	Ca	Mg
Doses de N	1 ^a	18,72 ^{ns}	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}	0,026*	0,012*
kg ha ⁻¹	2 ^a	100,0 ^{ns}	5,03 ^{ns}	42,63 ^{ns}	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos micronutrientes do solo na camada 0,20-0,40 m do solo, após a colheita do milho da safra 2022 e antes da semeadura da soja safra 2022/2023 (primeira coleta) e após a colheita da soja safra 2022/2023 e antes da semeadura do milho safra 2023 (segunda coleta) da cultura do milho fertilizada com doses de nitrogênio (N), a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Coleta	Fe	Mn	Cu	Zn
Doses de N	1 ^a	8,61 ^{ns}	8,83 ^{ns}	36,17 ^{ns}	100,0 ^{ns}
kg ha ⁻¹	2 ^a	16,98 ^{ns}	100,0 ^{ns}	37,08 ^{ns}	37,24 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" da concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas da cultura do milho sob efeito das doses de nitrogênio a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável		N	P	K	Ca	Mg
Doses de N	2022	100,0 ^{ns}	0,045*	0,019*	100,0 ^{ns}	5,48 ^{ns}
kg ha ⁻¹	2023	24,19 ^{ns}	2,46 ^{ns}	0,008*	2,005 ^{ns}	0,18 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" da concentração foliar de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas diagnósticas da cultura do milho sob efeito das doses de nitrogênio a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável		Fe	Mn	Cu	Zn
Doses de N	2022	7,69 ^{ns}	0,015*	1,88 ^{ns}	100,0 ^{ns}
kg ha ⁻¹	2023	0,014*	12,13 ^{ns}	12,13 ^{ns}	21,92 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" da concentração foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas cultura da soja sob efeito das doses de nitrogênio a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	N	P	K	Ca	Mg
Doses de N					
kg ha⁻¹	0,045*	40,05 ^{ns}	0,001*	43,79 ^{ns}	4,68 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" Concentração foliar de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) nas folhas diagnósticas da cultura da soja sob efeito das doses de nitrogênio a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	Fe	Mn	Cu	Zn
Doses de N				
kg ha⁻¹	0,021*	0,06*	32,15 ^{ns}	100,0 ^{ns}

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos componentes de produção da cultura do milho sob efeito das doses de nitrogênio a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	ALT (cm)	ALTIE (cm)	NGE	NFE	NGF	PMG (g)	Produtividade kg ha ⁻¹
Doses de N							
2022	0,04*	0,016*	29,4 ^{ns}	100,0 ^{ns}	13,4 ^{ns}	0,01*	0,01*
2023	2,76 ^{ns}	0,014*	43,9 ^{ns}	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}	0,01*	0,01*

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Tabela de análise estatística (ANOVA) valor de "p" dos componentes de produção da cultura da soja sob efeito das doses de nitrogênio a 5% de probabilidade, Dourados-MS.

Variável	ALT (cm)	ALTIV (cm)	NVP	NGV	Nodulação	PMG (g)	Produtividade kg ha ⁻¹
Doses de N							
kg ha⁻¹	0,026*	0,01*	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}	100,0 ^{ns}	0,01*	0,01*

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

ns - Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.