

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PAULO CEZAR GOMES DE ASSUNÇÃO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA, NO CULTIVO DO
MILHO CONSORCIADO EM FORRAGEIRAS COM APLICAÇÃO DE
FOSTATO NATURAL EM PLANTIO DIRETO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PAULO CEZAR GOMES DE ASSUNÇÃO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA, NO CULTIVO DO
MILHO CONSORCIADO COM FORRAGEIRAS COM APLICAÇÃO DE
FOSFATO NATURAL SOBRE PLANTIO DIRETO**

Orientador(a): Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Coorientador: Prof. Dr. Everton da Silva Neiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2024



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Paulo Cezar Gomes de Assunção

ORIENTADOR: Dr. Cassiano Garcia Roque

TÍTULO: Adubação nitrogenada em cobertura, no cultivo do milho consorciado em forrageiras com aplicação de fosfato natural em plantio direto.

AVALIADORES:

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke

Prof. Dr. Rafael Ferreira Barreto

Chapadão do Sul, 16 de dezembro de 2024.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque, Professor do Magisterio Superior**, em 16/12/2024, às 16:07, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Ferreira Barreto, Professor do Magisterio Superior**, em 16/12/2024, às 16:10, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Felipe Ratke, Professor do Magisterio Superior**, em 18/12/2024, às 14:00, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5294561** e o código CRC **41544165**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone: (67)3562-6351

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000533/2024-24

SEI nº 5294561

A minha esposa,

Marlene Ribeiro Pinto de Assunção, Meus Filhos e minha mãe Carlita pessoas sem as quais jamais teria conquistado essa vitória, por estarem sempre ao meu lado me apoiando e orientando e que dia após dia lutaram para que eu chegasse a ser o que sou hoje, pelo grande exemplo de amor, fé em Deus e dignidade,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que está sempre comigo em mais uma batalha da vida, permitindo vencer os obstáculos através da tua luz que ilumina meus passos.

À minha esposa Marlene pelo apoio, carinho, incentivo e atenção durante esta jornada.

Aos meus pais pelo incentivo e motivação para conquista deste título.

Aos meus filhos Miguel Ribeiro Assunção, Aline Ribeiro Assunção, Adrieli Ribeiro Assunção e Abner Gabriel Ribeiro de Assunção por ser minha fonte de motivação e força durante essa jornada.

Ao meu irmão Jorge e sua esposa Rose por ter cuidado do meu pai durante essa jornada.

Ao professor e orientador Dr. Cassiano Garcia Roque e Professor. Coorientador Dr. Everton da Silva Neiro, pelos ensinamentos, incentivo, exemplo de competência, humildade e profissionalismo, pela orientação deste trabalho, amizade e confiança a mim concedida.

Ao professor Dr. Fabio Henrique Rojo Baio, pela realização dos sobrevoos na área experimental fornecimento dos dados e sugestão na dissertação.

A todos os professores do CPCS por dedicação e auxílio na minha formação acadêmica durante minha jornada.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul – MS.

Aos docentes do Programa da Pós-Graduação pelos ensinamentos e contribuição à minha formação profissional.

Aos membros desta banca examinadora, pelo comprometimento, participação, sugestões, e honrosa contribuição.

Meu sincero agradecimento

É enfrentando as dificuldades que você fica forte. É superando seus limites que você cresce. É resolvendo problemas que você desenvolve a maturidade. É desafiando o perigo que você descobre a coragem. Arrisque e descobrirá como as pessoas crescem quando exigem mais de si próprias.

(Roberto Schinyashiki)

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1.** Características química e granulométricas do solo antes da implantação do experimento (2021/2022) nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m e das análises realizadas no ano agrícola de 2022/2023 na camada de 0,0-0,2 m.15
- Tabela 2.** Equações e referências dos índices de vegetação (IVs) utilizados.....19
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para médias de altura de plantas (AP), Média de altura de inserção da espiga (AIE) e os índices de vegetação (NDVI, NDRE, SAVI e EVI), avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, em área com fosfito na safra 2022/2023.....20
- Tabela 4.** Altura médias da inserção da espiga (AIE) em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área com fosfito na safra 2022/2023.....22
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância para a massa de 100 grãos (M100), diâmetro de colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE) e produtividade de grãos (PROD) avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, em área com fosfito na safra 2022/2023.....23
- Tabela 6.** Produtividade de grãos de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área com fosfito na safra 2022/2023.....24
- Tabela 7.** Resumo da análise de variância para alturas médias de plantas (AP), altura medias de inserção da espiga (AIE) e os índices de vegetação (NDVI, NDRE, SAVI e EVI), avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, em área sem fosfito na safra 2022/2023.....26
- Tabela 8.** Altura de plantas (AP) e altura da inserção da espiga (AIE) em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023.....27
- Tabela 9.** Resumo da análise de variância para a massa médias de 100 grãos (M100), diâmetro médios de colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE) e produtividade de grãos (PROD) avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, em área sem fosfito na safra 2022/2023.....29
- Tabela 10.** Diâmetro do colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023...31

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação pluvial e médias das temperaturas máxima, média e mínima durante o experimento da safra 2021/2022 (A) e da safra 2022/2023 (B).....14
- Figura 2.** Croqui da Área experimental área I com aplicação de Phi e Area II sem aplicação de Phi.....16
- Figura 3.** Índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI - A), Índice de vegetação pela diferença normalizada à transição do vermelho (NDRE - B), Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI-C) e Índice de vegetação melhorada (EVI - D) de milho em função das doses de nitrogênio (N) em cobertura.....21
- Figura 4.** Altura média da inserção da espiga de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área com fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).....23
- Figura 5.** Diâmetro do colmo (A), massa de 100 grãos (B) e número de grãos por espiga (C) de milho em função das doses de nitrogênio (N) em cobertura no milho.....24
- Figura 6.** Produtividade de grãos de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área com fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).....25
- Figura 7.** Índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI - A), índice de vegetação pela diferença normalizada à transição do vermelho (NDRE - B), índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI - C) e índice de vegetação melhorada (EVI - D) em função das doses de nitrogênio (N) em cobertura no milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023.....27
- Figura 8.** Alturas médias de plantas (A) e alturas médias da inserção da espiga (B) de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).....28
- Figura 9.** Diâmetro do colmo (A), número de fileiras por espiga (B) e número de grãos por espiga (C) de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).....32
- Figura 10.** Massa de 100 grãos (A) e produtividade de grãos (B) de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M) milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).....33

RESUMO

O consórcio de culturas agrícolas com forrageiras associadas ao milho tem apresentado bons resultados e propiciado redução da adubação nitrogenada ao longo dos anos. Neste sentido, este estudo tem por objetivo foi averiguar os componentes produtivos e a produtividade em cultivo do milho consorciado com braquiárias (*Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha*, cv. Piatã) e *Stylosanthes* cv. campo grande, em função das doses de N em área com e sem aplicação de fosfato natural. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 6x4 em parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas 1º fator foram estabelecidos os tratamentos: milho solteiro (M); milho + *Urochloa ruziziensis* (MR); milho + *Urochloa brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *Urochloa brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS) e milho + *Urochloa ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS). Nas subparcelas o 2º fator foi composto pelas doses de nitrogênio em coberturas: 0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N. O tratamento de M e Consórcios MPS proporcionaram maior produtividade de grãos com a aplicação fosfito na dose de 240 kg ha⁻¹ de N, sob o consórcio MRS a maior produtividade de grãos na dose de 237 kg ha⁻¹ de N. O consórcio MPS proporcionou maior produtividade de grãos sem a aplicação fosfito na dose de 240 kg ha⁻¹ de N, sob o consórcio MP a maior produtividade de grãos na dose de 79 kg ha⁻¹ de N. O aumento de doses de N influenciou positivamente os a altura de plantas, altura da inserção da espiga e diâmetro do colmo até a dose de 130 kg ha⁻¹ de N na área sem aplicação de fosfito, e aumento da altura da inserção da espiga na dose 125 kg ha⁻¹ de N com aplicação de fosfito, e o número de grãos por espiga, número de fileiras por espiga e a massa de 100 grãos foi beneficiada até a dose de 240 kg ha⁻¹ de N na área sem aplicação de fosfito. Com o objetivo de verificar o momento de maior refletância foliar foram coletados os índices de vegetação NDVI (Índice de vegetação da diferença normalizada), NDRE (Índice de borda vermelha com diferença normalizada), SAVI (Índice de vegetação ajustada ao solo) e EVI (Índice de vegetação aumentada) fornecem máxima refletância do dossel vegetal apenas para entre as doses de 100 e 166 kg ha⁻¹ de N na área com aplicação de fosfito e entre 83 e 142 kg ha⁻¹ de N na área sem aplicação de fosfito.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha*, Ureia, *Stylosanthes* cv. campo grande e adubação natural.

ABSTRACT

The intercropping of forage crops with maize has shown good results and has contributed to reducing nitrogen fertilization over the years. In this regard, this study aims to investigate the productive components and yield in maize cultivation intercropped with brachiarias (*Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha* cv. Piatã) and *Stylosanthes* cv. campo grande, in response to N doses in areas with and without natural phosphite application. The experimental design was a randomized block in a 6x4 factorial scheme in split plots, with three replications. In the first factor plots, the following treatments were established: sole maize (M); maize + *Urochloa ruziziensis* (MR); maize + *Urochloa brizantha* cv. Piatã (MP); maize + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); maize + *Urochloa brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS); and maize + *Urochloa ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS). In the subplots, the second factor was composed of nitrogen doses in topdressing: 0, 60, 120, and 240 kg ha⁻¹ of N. The M and MPS intercropping treatments resulted in higher grain yield with phosphite application at a nitrogen dose of 240 kg ha⁻¹, while the MRS intercropping achieved the highest grain yield at the dose 237 kg ha⁻¹ of N. The MPS intercropping provided the highest grain yield without phosphite application at the dose 240 kg ha⁻¹ of N, whereas the MP intercropping showed the highest grain yield at the dose 79 kg ha⁻¹ of N. Increasing N doses positively influenced plant height, ear insertion height, and stem diameter up to the dose 130 kg ha⁻¹ of N in the area without phosphite application, as well as an increase in ear insertion height at the dose 125 kg ha⁻¹ of N with phosphite application. The number of grains per ear, number of rows per ear, and the mass of 100 grains benefited from N doses up to 240 kg ha⁻¹ in the area without phosphite application. To determine the moment of highest leaf reflectance, vegetation indices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDRE (Normalized Difference Red Edge Index), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index), and EVI (Enhanced Vegetation Index) were collected, revealing maximum canopy reflectance only between the doses 100 and 166 kg ha⁻¹ of N in the area with phosphite application and between the doses 83 and 142 kg ha⁻¹ of N in the area without phosphite application.

Keywords: *Zea mays*, *Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha*, Urea, *Stylosanthes* cv. campo grande, and natural fertilization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIL E MÉTODOS.....	13
2.2 Implantação, condução e delineamento experimental	15
2.3 Manejo fitossanitário	17
2.4 Avaliações biométricas e de produtividade.....	17
2.5 Avaliações espectrais.....	18
2.6 Análises estatísticas	19
3. RESULTADOS.....	19
3.1. Efeito das doses de N e espécies em consórcio sobre componentes produtivos com aplicação de fosfito	19
3.2 Efeito das doses de N e espécies em consórcio sobre componentes produtivos sem aplicação de fosfito	25
4 DISCUSSÃO	33
5 CONCLUSÕES	37
6 REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae possui grande importância mundial, sendo os maiores produtores, os Estados Unidos com 348,8 milhões de toneladas (t), China com 277,2 milhões de t e Brasil com 131.865.9 milhões de t, produzidos na safra 2022/23, incremento de 7,8% na produção brasileira em relação à safra anterior (FIESP, 2023). O aumento da produção brasileira está principalmente associado ao aumento da produtividade dos híbridos, aos tratos culturais de cultivo que potencializam a produtividade e a expansão do cultivo de milho em 3,2% em área cultivada em relação à safra anterior (CONAB, 2023).

O uso de consórcio de plantas de cobertura com milho tem sido alvo de diversas pesquisas e de profissionais agrícolas. o cultivo consorciado com plantas de cobertura, tem como primícia implantar o milho com uma planta de cobertura seja ela uma gramínea ou leguminosa, e que as duas ou mais espécies convivam juntas em parte ou em todo seu ciclo, possibilitando aumento de produtividade devido as alterações físico-químicas do solo (MACHADO FILHO; SILVA, 2013; BATISTA *et al.*, 2020; PARIZ *et al.*, 2020). Em sistemas consorciados deve-se garantir vantagem competitiva a planta principal produtora de grãos, e a manutenção da espécie forrageira sombreada durante o ciclo de produção de grãos (ALMEIDA *et al.*, 2017). O consórcio de milho com forragens é uma técnica importante, seja para implantação de pastagens, para produção de forragem na entressafra ou obtenção de resíduos (palhada) para a semeadura direta na safra seguinte, o aumento da deposição de palhada sobre o solo (ALMEIDA *et al.*, 2017; PARIZ *et al.*, 2017).

Diversos benefícios ao sistema solo-planta podem ser obtidos, como redução da perda de solo no processo erosivo (LIMA *et al.*, 2014), redução na ocorrência de plantas daninhas (AMOSSE *et al.*, 2013; SCOPEL *et al.*, 2013) e manutenção da área vegetada, permitindo maior ciclagem de nutrientes e redução das perdas de nutrientes nos períodos de entressafra (CRUSCIOL *et al.*, 2015; ROCHA *et al.*, 2019). Além de possibilitar o aumento do fornecimento de nitrogênio (N) através da reciclagem da matéria orgânica que possibilita reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados na forma mineral (ROSOLEM *et al.*, 2017; CANISARES *et al.*, 2021). Diferentes espécies de forrageiras gramíneas e leguminosas têm sido consorciadas com milho e outras culturas de grãos em grande escala no Brasil (COSTA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2019; ROCHA *et al.*, 2019; CANISARES *et al.*, 2021) U.

34 *brizantha* e *U. ruziziensis* são comumente utilizadas devido ao seu alto potencial de produção
35 de biomassa (MOMESSO *et al.*, 2019; CANISARES *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2022).
36 Como o uso de leguminosas como o *Stylosanthes* pode aumentar a contribuição do
37 fornecimento de N através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) durante o crescimento
38 podendo reduzir significativamente a adubação nitrogenada em cobertura do milho
39 (TCHUENTEU *et al.*, 2020). Esta interação entre o milho (cultura principal) e os consórcios
40 com *U. brizantha*, *U. ruziziensis* e *Stylosanthes* pode contribuir para redução do uso de
41 fertilizantes nitrogenados, pelo aumento da eficiência da recuperação do N da matéria orgânica
42 e pela FBN sem comprometer a produtividade de grãos de milho (ALMEIDA *et al.* 2018;
43 PARIZ *et al.*, 2020; TCHUENTEU *et al.*, 2020; GAZOLA *et al.*, 2024).

44 O milho juntamente com o trigo (*Triticum aestivum* L.) são responsáveis pelo consumo
45 de aproximadamente 30% de todo fertilizante nitrogenado sintético consumido no mundo para
46 produção agrícola (LADHA *et al.*, 2016). O manejo inadequado do uso dos fertilizantes
47 nitrogenados na agricultura, pela aplicação de elevadas doses em cobertura, aplicação em solos
48 mal drenados, regulagem inadequada de equipamento utilizado para aplicação, estão entre as
49 principais causas da baixa eficiência da aplicação dos fertilizantes nitrogenados (SIELING;
50 KAGE, 2021). Desta forma, o manejo adequado de N em cobertura na cultura do milho pode
51 contribuir para o aumento da produtividade de grãos, redução da poluição, custo de produção e
52 o aumento da eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados (CANISARES *et al.*, 2021;
53 GALINDO *et al.*, 2024). Como o uso de forrageiras em consorcio com milho podem melhorar
54 o crescimento radicular, absorção de N proveniente da FBN e da reciclagem de N proveniente
55 da matéria orgânica da palhada, favorecendo o aumento da produtividade de grãos de milho
56 (PARIZ *et al.*, 2020; TCHUENTEU *et al.*, 2020).

57 O fósforo (P) trata-se de um macronutriente primário de função estrutural nas plantas,
58 envolvido em diversos processos metabólicos, como armazenamento e transferência de energia,
59 respiração, síntese de ácidos nucleicos, síntese e estabilidade de membranas, ativação e
60 desativação de enzimas, reações redox e metabolismo de carboidratos (BARKER; PILBEAM,
61 2015). Contudo, é um dos nutrientes mais limitantes nos sistemas de cultivo agrícola, estima-
62 se que ocorra deficiências de P em aproximadamente 67% das terras mundiais designadas para
63 a produção agrícola.

64 Em solos de regiões tropicais, o P pode precipitar como os minerais de Fe e Al (PENN;
65 CAMBERATO, 2019), ambos minerais reduzem a disponibilidade de P, as frações de argila
66 como óxidos hidratados amorfos de Fe e Al, além de gibbsita, goethita e caulinita são

67 responsáveis pela maior fixação de P para o crescimento das plantas (DHILLON *et al.*, 2017).
68 Plantas de desenvolvimento intenso e de ciclo curto, como o de milho, exigem maiores
69 quantidades de P na solução do solo (não adsorvido) para seu desenvolvimento do que as
70 culturas perenes (LINO *et al.*, 2018).

71 Nesse sentido, pesquisas tem focado na melhor eficiência desse nutriente, e uso de novas
72 alternativas como os fosfitos (Phi), com objetivo de otimizar a aplicação de fertilizantes
73 fosfatados (ROBERTS; JOHNSTON 2015; HEUER *et al.*, 2017). Os Phi (H_2PO^{-3}) são
74 conhecidos como uma forma reduzida do P inorgânico (Pi) (H_2PO^{-4}), a diferença entre eles está
75 basicamente ligada a um átomo de oxigênio substituído por um de hidrogênio (VINAS *et al.*,
76 2020).

77 Importante destacar que as plantas não conseguem metabolizar Phi, limitando seu uso
78 como fertilizante, porém é uma fonte ideal de P devido a sua baixa solubilidade e reatividade
79 com os componentes do solo, no entanto, o uso dos Phi como fonte de adubação fosfatada pode
80 ocorrer somente se houver contato com microrganismos capazes de oxidá-los em Pi (MANNA
81 *et al.*, 2016). Essa oxidação permite a utilização dos Phi como fonte de adubação complementar,
82 porém mais pesquisas devem ser realizadas avaliando a eficácia dos Phi na agricultura
83 MORALES-MORALES *et al.* (2022). Por suas características físicas, químicas os Phis têm a
84 capacidade de elevar o teor de fosforo no solo e aumentar a disponibilidade de P para absorção
85 nas plantas.

86 A hipótese desta pesquisa foi que dose de nitrogênio fornecida em cobertura pode altera
87 os componentes produtivos do milho. Sendo assim , o objetivo desta pesquisa foi de avaliar os
88 componentes produtivos e a produtividade em cultivo do milho consorciado com braquiárias
89 (*Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha*, cv. Piatã) e *Stylosanthes* cv. campo grande, em
90 função das doses de N. Além de, avaliar se os consórcios podem reduzir ou aumentar o consumo
91 de N em cobertura do milho com base nas características agronômicas da cultura, cultivado em
92 duas áreas: área I- houve a aplicação de fosfito (Phi) de modo sequencial e; área II – Sem
93 aplicação de fosfito (Phi). Além de verifica quais os índices de vegetação melhor correlacionar
94 com as doses de N e as coberturas vegetal consociada neste experimento ao plantio do milho.

95

96 **2 MATERIL E MÉTODOS**

97

98

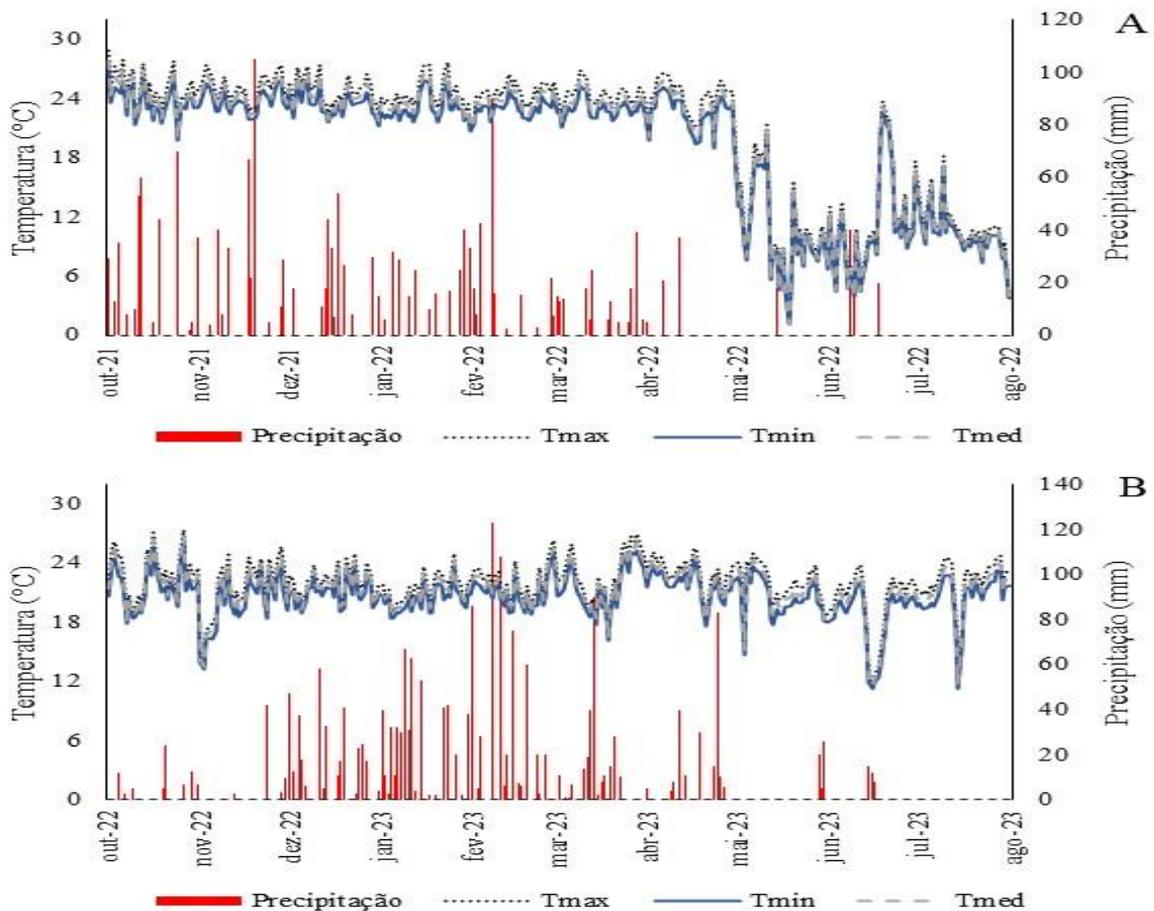
99

100 **2.1 Caracterização local**

101 O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato
102 Grosso do Sul, Município de Chapadão do Sul, Estado de Mato Grosso do Sul, por duas safras
103 consecutivas, com as coordenadas geográficas 18°46'13,4" S e 52°37'19,8" W e altitude de
104 819 m.

105 O clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estação
106 chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.850 mm e umidade
107 relativa média anual de 64,8%, apresenta temperatura média anual variando de 13°C a 28°C
108 (CASTRO et al., 2012). Os dados climáticos referentes as safras 2021/2022 e 2022/2023 foram
109 coletados e apresentados em forma gráfica (Figura 1).

110
111
112



113 **Figura 1.** Precipitação pluvial e médias das temperaturas máxima, média e mínima durante o
114 experimento da safra 2021/2022 (A) e da safra 2022/2023 (B).

115 O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura
116 argilosa segundo a metodologia da Embrapa (2018). Os resultados da análise química e

117 granulométrica do solo na área experimental, coletada em final de julho de 2021 antes da
 118 instalação do experimento (safra 2021/2022), nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m encontra-se na
 119 Tabela 1, com as análises realizadas ao longo do tempo nas áreas dos experimentos. Os cálculos
 120 para recomendação de adubação e calagem foram realizados com base na análise de solo para
 121 a semeadura do milho.

122

123 **Tabela 1.** Características química e granulométricas do solo antes da implantação do
 124 experimento (2021/2022) nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m e das análises realizadas no ano
 125 agrícola de 2022/2023 na camada de 0,0-0,2 m.

126

Caracterização geral Safra 2021/2022															
Camada	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P*	S	M.O.	CTC	V	m	Argila	Silte	Areia
(m)	CaCl ₂	----- cmol _c -----			-- mg dm ⁻³ --			g dm ⁻³		cmol _c	--- % ---	----- g dm ⁻³ -----			
0,0-0,2	4,9	2,9	0,7	0,08	5,7	67	13,2	6,9	27,5	9,5	39,8	2,1	485	50	465
0,2-0,4	4,8	1,7	0,4	0,15	5,2	35	5,5	29,6	19,3	7,4	29,6	6,4	485	25	490
Sem fosfito (soja) Safra 2022/2023															
0,0-0,2	5,0	2,6	0,8	0,07	4,5	137	11,8	6,3	24,3	8,2	45,5	1,8			
Com fosfito (soja) Safra 2022/2023															
0,0-0,2	4,9	2,3	0,5	0,11	5,0	133	14,3	10,3	25,1	8,1	38,6	3,4			
Sem fosfito (milho) Safra 2022/2023															
0,0-0,2	4,9	3,2	0,7	0,06	4,7	73	11,7	6,3	24,3	8,8	46,5	1,4			
Com fosfito (milho) Safra 2022/2023															
0,0-0,2	4,9	3,1	0,9	0,08	4,5	86	26,9	10,3	25,1	8,7	48,4	1,9			

127

*Extrator de P (mehlich).

128

129 2.2 Implantação, condução e delineamento experimental

130

131 O preparo inicial de solo da área do experimento iniciou-se em setembro de 2021, com
 132 preparo convencional para incorporação de calcário visando elevar a saturação de bases para
 133 50% (utilizando calcário com PRNT 90%). Em seguida a área foi dividida em duas áreas: área
 134 I, com aplicação fosfato natural (Phi) contendo as concentrações de 8,23, 11,43, 0,46 e 36,78
 135 % de P₂O₅ total, CaO total, MgO total e SiO₂, respectivamente, na dose de 2000 kg ha⁻¹ baseado
 136 na recomendação da empresa que nos doou o produto e na Area II sem aplicação de Phi (Figura
 137 2).

138

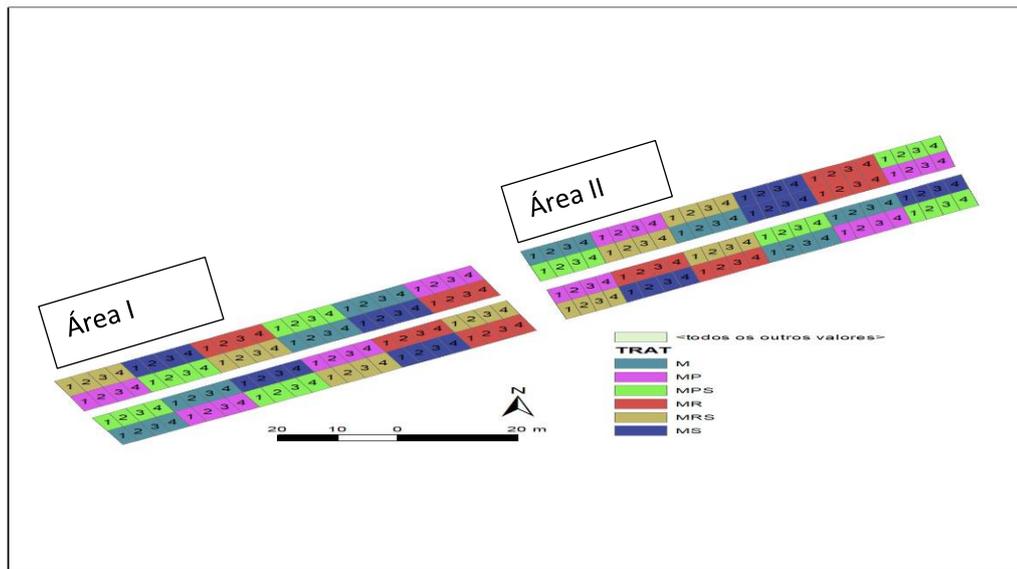


Figura 2. Croqui da Área experimental área I com aplicação de Phi e Area II sem aplicação de Phi

139

140 Em outubro realizou-se o plantio do milho safra (2021/2022), com os consórcios. Após a
 141 colheita do milho (maio de 2022), as forrageiras foram mantidas até agosto de 2022, quando
 142 foram dessecadas e roçadas. Em agosto de 2022 foi realizado gessagem na dose de 500 kg ha⁻¹
 143 em área total para elevar os teores de enxofre nas áreas, sendo que a área (I) recebeu mais uma
 144 aplicação de Phi na dose de 2000 kg ha⁻¹ a lanço superficial baseado na recomendação da
 145 empresa. A soja foi semeada em outubro de 2022 sobre a palhada das forrageiras, com adubação
 146 de base com 60 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl), 53,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (área I) e 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (área
 147 II) utilizando superfosfato simples como fonte. A colheita da soja foi realizada após 140 dias
 148 em 21-02-2023. Em 25 de fevereiro de 2023 foi realizada a semeadura do milho (híbrido
 149 X30R520VYH) associado as plantas de cobertura. Estilosantes pré plantio do milho as
 150 braquiárias 14 dias após. A adubação de base constou de 17,15 kg ha⁻¹ de N (Ureia), 34,30 kg
 151 de ha⁻¹ K₂O (KCl) e 0,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na área I e na área II com 46,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅
 152 (superfosfato simples). O primeiro fator (parcelas) foi composto por seis tratamentos sendo
 153 cinco consórcios de milho com plantas de cobertura e uma testemunha: milho solteiro (M);
 154 milho + *Urochloa ruziziensis* (MR); milho + *Urochloa brizantha* cv. Piatã (MP); milho +
 155 *Stylosanthes* cv. Campo grande (MS); milho + *Urochloa brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv.
 156 Campo grande (MPS) e milho + *Urochloa ruziziensis*+ *Stylosanthes* cv. Campo grande (MRS).
 157 O segundo fator (subparcelas) foi composto pelas quatro doses de adubações nitrogenadas de
 158 coberturas: 0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N respectivamente, sendo realizadas no estágio V8, em

159 01 de abril de 2023. Em todas as parcelas em faixas com e sem Phi, sendo aplicado 40,0 kg ha⁻¹
160 ¹ de K₂O utilizando fonte de KCl com 60% de K₂O. A parcela experimental foi formada por 12
161 linhas de semeadura com 14 metros de comprimento, totalizando uma área de 84 m². A colheita
162 do milho foi realizada em 28 de julho de 2023 e as plantas de cobertura permaneceram na área.

163 **2.3 Manejo fitossanitário**

164

165 O manejo fitossanitário da cultura do milho (2023) foi realizado conforme as
166 recomendações técnicas para a cultura. Para o controle de plantas daninhas na dessecação em
167 pré-semeadura do milho utilizou-se 2 kg ha⁻¹ de Glifosato (720 g L⁻¹), foi realizada pulverização
168 com 2 L ha⁻¹ de Atrazina (500 g L⁻¹) somente nas parcelas de milho solteiro em pós-emergência.
169 O controle de pragas e doenças foi realizado uma aplicação no dia 21/03/2023 dos inseticidas
170 Engeo pleno 0,2 L ha⁻¹ (Tiametoxam 141 g/L⁻¹ Lambda-Cialotrina 106 g/L⁻¹ (pragas encontradas
171 na área Diabroticas) Para controle de pragas foi realizado uma aplicação no dia 05/04/2023 dos
172 inseticidas Imidacloprido + Beta-Ciflutrina 1 L ha⁻¹, Azoxistrobina + Tebuconazol 1 L ha⁻¹, e
173 óleo mineral 1 L ha⁻¹, em 25/04/2023 aplicação de dois inseticidas 1 L ha⁻¹ de Tiametoxam +
174 Lambda-Cialotrina+ Nafta de Petróleo; 1 L ha⁻¹ Acefato, e 1 L ha⁻¹ de foliar a base de zinco,
175 manganês e cobre, em 05/05/2023 aplicação dos inseticidas Imidacloprido + Beta-Ciflutrina 1
176 L ha⁻¹, Azoxistrobina + Tebuconazol (1,0 l/ha⁻¹), e óleo mineral 1 L ha⁻¹, no dia 20/05/2023
177 aplicação de fungicida Maravis (Pidiflumetofem 200 g/L⁻¹) 0,6 l/ha⁻¹ e inseticida politrin
178 (Cipermetrina 40 g/L Profenofós 400 g/L⁻¹) l/ha valente Óleo de Neem (Azadirachta indica) 815
179 g/L⁻¹ (0,5 l/ha, óleos 01 l/ha⁻¹ e em 30/05/2023 foi aplicado o inseticida valente Óleo de Neem
180 (Azadirachta indica) 815 g/L⁻¹ 0,5 l/ha⁻¹, óleos 01 l/ha⁻¹.

181

182 **2.4 Avaliações biométricas e de produtividade**

183

184 Foi avaliado aos 135 DAE no experimento de milho segunda safra 2022/2023 as seguintes
185 variáveis a **Altura de plantas (AP)**: obtida através da medida da distância entre o colo das
186 plantas até a inserção da última folha, em amostras de 5 plantas de cada subparcela. **Altura da**
187 **inserção da espiga (AIE)**: obtida através da medida da distância entre o colo das plantas até a
188 inserção da primeira espiga, coletando amostra de 5 plantas em cada subparcela. **Diâmetro do**
189 **colmo (DC)**: obtida com auxílio do paquímetro, da medida do colmo das plantas, coletando em
190 amostra de 5 plantas em cada subparcela. **Número de grãos por espiga (NGE)**: obtido pela

191 multiplicação do número de fileiras pelo número médio de grãos das 6 fileiras, de espigas da
192 área útil de cada subparcela. **Massa de 100 grãos (M100)**: obtido pela pesagem ao acaso de
193 duas amostras de 100 grãos por subparcela. **População de plantas (PP)**: determinada pela
194 contagem do número de plantas contidas na área útil de cada parcela utilizada para estimar a
195 produtividade de grãos. **Produtividade de grãos (PG)**: as plantas de área útil de cada
196 subparcela foram contadas, colhidas e as mesmas foram submetidas a trilha mecânica, os grãos
197 foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (13% base úmida).

198

199 **2.5 Avaliações espectrais**

200

201 As imagens multiespectrais para avaliar os índices de vegetação foram coletadas aos 33
202 dias após semeadura quando as plantas estavam no estágio fenológico V6. Foram avaliados os
203 seguintes comprimentos de onda: verde (550 nm), vermelho (660 nm), borda do vermelho (735
204 nm) e infravermelho próximo (790 nm). Utilizando Aeronave remotamente pilotada (ARP) de
205 asa fixa Sensefly eBee RTK, com controle autônomo de decolagem, plano de voo e
206 aterrissagem, a uma altitude de 100 m, permitindo uma resolução espacial da imagem de 0,10
207 m. O eBee foi equipado com um sensor multiespectral Parrot Sequoia. O sensor Sequoia inclui
208 um sensor de luz solar na parte superior do equipamento, que registra a irradiância espectral
209 total do sol no nível do sensor e, assim, facilita a determinação automática da refletância no
210 sensor (SILVA et al., 2020).

211 As informações adquiridas nestes comprimentos de onda permitiram calcular os
212 diferentes índices de vegetação (IVs) pelo programa Arcgis 10.5, conforme apresentado na
213 Tabela 2. O levantamento aéreo foi das 9 às 10 horas, em condições de céu aberto sem presença
214 de nebulosidade, utilizando a tecnologia RTK (Real-Time Kinematics), possibilitando estimar
215 a posição da câmera no momento da coleta de imagem, com acurácia de 2,5 cm. As imagens
216 foram mosaicadas e ortoretificadas usando o pacote de software Pix4Dmapper. A acurácia
217 posicional das ortoimagens foi verificada por meio de pontos de controle terrestre (GCP -
218 Ground Control Points), obtidos por meio de levantamentos de dados em combinação com
219 RTK.

220

221

222

223

224 **Tabela 2.** Equações e referências dos índices de vegetação (IVs) utilizados.

225

Sigla	Índice de vegetação	Equações
NDVI	Índice de vegetação da diferença normalizada Rouse et al. (1973)	$\frac{nir - red}{nir + red}$
NDRE	Índice de borda vermelha com diferença normalizada Gitelson e Merzlyak (1994)	$\frac{nir - rededge}{nir + rededge}$
SAVI	Índice de vegetação ajustado ao solo Huete (1988)	$(1+0,5) \frac{nir-red}{nir+red+0,5}$
EVI	Índice de vegetação aumentada Justice et al. (1998)	$\frac{nir - red}{(nir + 6red - 7,5green) + 1}$

226

227 **2.6 Análises estatísticas**

228

229 Os dados foram submetidos a análise de variância. A significância dos quadrados
230 médios obtidos na análise de variância foi testada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.
231 As médias dos sistemas de cultivos do milho, quando significativas, foram comparadas pelo
232 teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As médias referentes as doses de nitrogênio
233 foram ajustadas em forma de regressão a 5% de probabilidade.

234

235

236 **3. RESULTADOS**

237 Esse estudo avaliou os componentes morfológicos e produtivos da cultura do milho em
238 duas áreas distintas, distinguindo as pela presença e ausência de aplicação de fosfito (Phi),
239 consorciado com forrageiras e leguminosas sob doses de N em cobertura, com intervalos de
240 aplicação Phi de 12 meses, além dos índices de vegetação (IVs). Os resultados estão descritos
241 a seguir, separados por área.

242

243 **3.1. Efeito das doses de N e espécies em consórcio sobre componentes produtivos com**

244 **aplicação de fosfito**

245

246 Conforme o quadro de análise de variância, foi testado a significância dos quadrados
 247 médios pelo teste F para todas as variáveis, sendo observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos
 248 consórcios (C) sobre a o índice de vegetação aumentada (EVI) e nas demais o efeito foi não
 249 significativo (Tabela 3). Foi observado efeito significativo ($p \leq 0,01$) das doses de nitrogênio (N)
 250 sobre o índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI), índice de vegetação pela
 251 diferença normalizada à transição do vermelho (NDRE), índice de vegetação ajustado ao solo
 252 (SAVI) e índice de vegetação melhorada (EVI), como houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) da
 253 interação entre C e doses de N sobre a altura da inserção da espiga (AIE). O maior EVI foi
 254 observado sob o consórcio de milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS) em relação ao
 255 cultivo de milho solteiro (M) em área com aplicação de fosfito (Tabela 3).

256 **Tabela 3.** Resumo da análise de variância para médias de altura de plantas (AP), Média de
 257 altura de inserção da espiga (AIE) e os índices de vegetação (NDVI, NDRE, SAVI e EVI),
 258 avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, em área com
 259 fosfito na safra 2022/2023.

FV	GL	NDVI	NDRE	SAVI	EVI	AP	AIE
Bloco	3	0,0004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	1,29 ^{ns}	23,22 ^{ns}
C	5	0,0005 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0005*	23,40 ^{ns}	14,94 ^{ns}
Erro a	15	0,0002	0,0002	0,0005	0,0002	47,86	20,50
N	3	0,0006**	0,002**	0,001**	0,0003**	34,77 ^{ns}	79,07*
C x N	15	0,00002 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,00003 ^{ns}	39,06 ^{ns}	57,53**
Erro b	54	0,00003	0,00003	0,00007	0,00002	31,49	20,33
CV1 (%)	-	1,69	5,75	3,84	4,62	3,80	5,06
CV2 (%)	-	0,62	1,86	1,43	1,76	3,08	5,03
Linear		0,0004**	0,003**	0,0001 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	152,4 ^{ns}	666,2**
Quadrática		0,001**	0,002**	0,0035**	0,0008**	102,6 ^{ns}	41,19 ^{ns}
Consórcio		NDVI^{ns}	NDRE^{ns}	SAVI^{ns}	EVI	AP^{ns}	AIE^{ns}
M		0,87 a	0,29 a	0,58 a	0,265 b	181,5 a	90,32 a
MP		0,88 a	0,30 a	0,60 a	0,272 ab	182,3 a	90,80 a
MR		0,87 a	0,29 a	0,59 a	0,268 ab	183,1 a	89,38 a
MS		0,89 a	0,29 a	0,61 a	0,279 a	180,2 a	89,44 a
MPS		0,88 a	0,28 a	0,60 a	0,276 ab	181,5 a	87,98 a
MRS		0,88 a	0,29 a	0,60 a	0,277 ab	183,5 a	89,40 a
Erro (±)		0,001	0,004	0,005	0,003	1,88	1,19

260 * significativo a 5%, ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% e ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade
 261 pelo teste F; FV: fontes de variação; CV: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade (M); milho + *Urochloa*
 262 *ruziziensis* (MR); milho + *Urochloa brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho
 263 + *Urochloa brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS) e milho + *Urochloa ruziziensis*+
 264 *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS). Letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente.

265

266

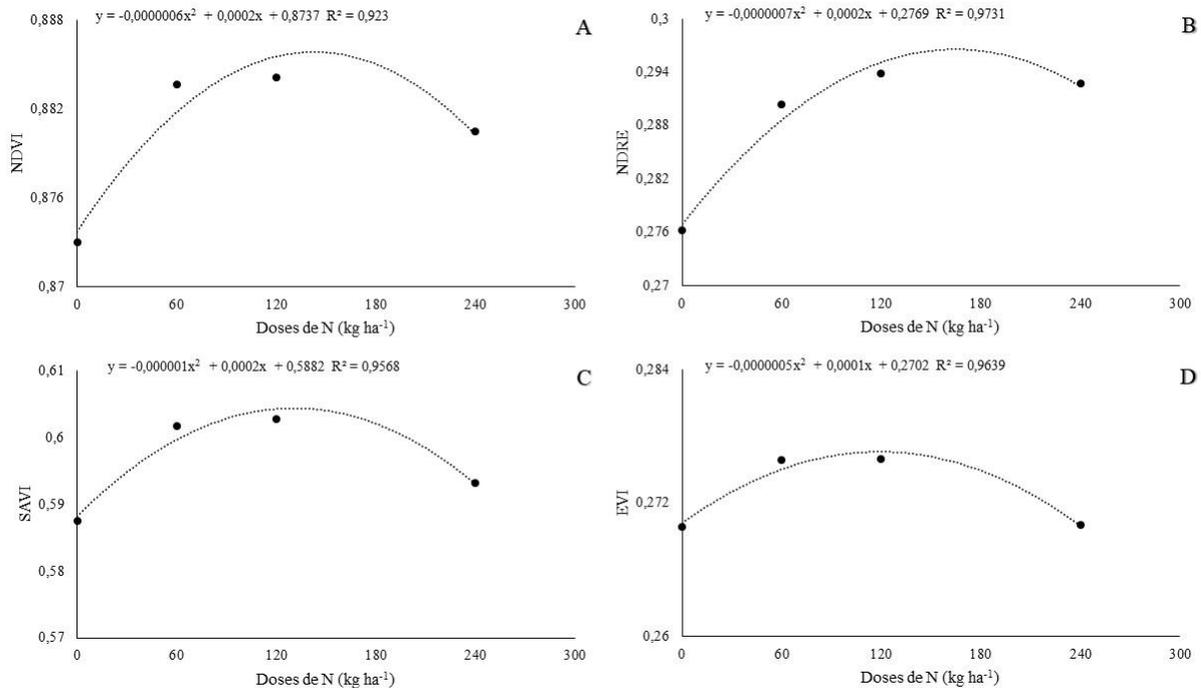
267

268

269

270

Verificado se ajuste quadrático das doses de N para os índices de vegetação, o ponto de máxima de 0,89, 0,291, 0,598 e 0,275 dos NDVI, NDRE, SAVI e EVI nas doses calculadas de 166, 142, 100 e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente, cultivado na área com aplicação de fosfito (Figura 4A, 4B, 4C e 4D).



271

272

273

274

275

276

277

Figura 3. Índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI - A), Índice de vegetação pela diferença normalizada à transição do vermelho (NDRE - B), Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI - C) e Índice de vegetação melhorada (EVI - D) de milho em função das doses de nitrogênio (N) em cobertura.

278

279

280

281

282

No desdobramento da interação, foi observado um aumento de 13 e 16% no AIE das plantas de milho sob o consórcio com MP quando comparado ao M e MPS na dose de 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente. Sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi observado aumento de 13 e 12% AIE no tratamento de M em relação aos consórcios MP e MS, respectivamente. Não foi verificado diferença entre os consórcios dentro das doses de 60 e 240 kg ha⁻¹ de N (Tabela 4).

283

284

285

286

287

288

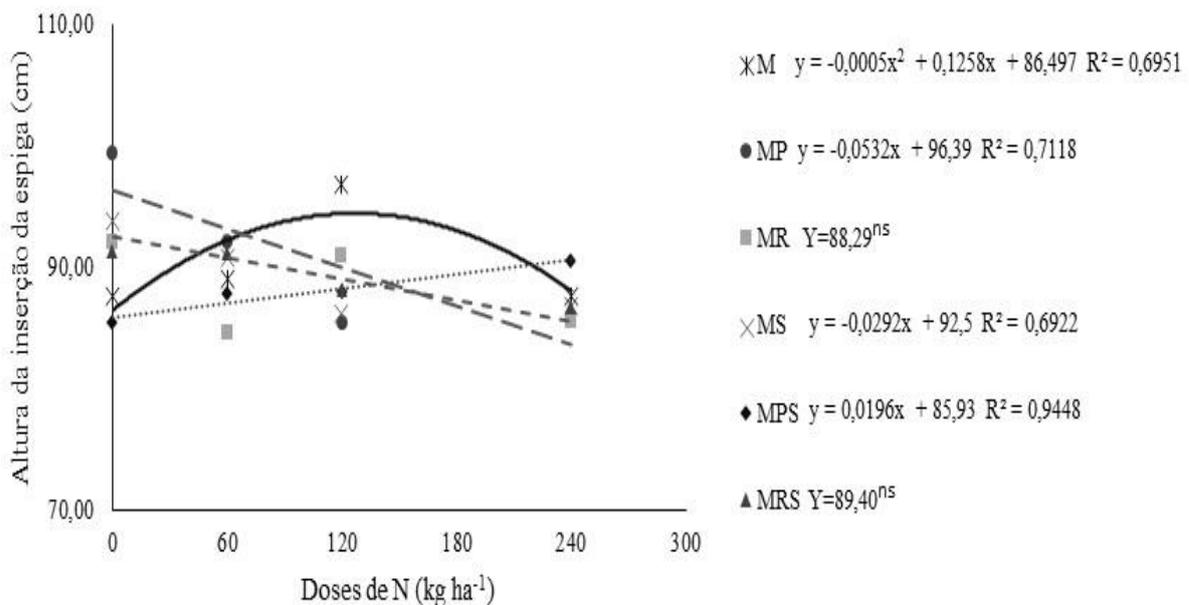
O AIE reduziu se conforme o aumento das doses de N em cobertura nos consórcios MP e MS, como houve o aumento da AIE conforme o aumento das doses de N em cobertura no consórcio MPS. Foi observado incremento da AIE até a dose estimada de 125 kg ha⁻¹ de N em cobertura no consórcio de M com máxima AIE calculada de 94,4 cm (Figura 5).

289
290

Tabela 4. Altura médias da inserção da espiga (AIE) em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área com fosfito na safra 2022/2023.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Consórcios					
	M	MP	MR	MS	MPS	MRS
	Número de grãos por espiga					
0	87,70 b	99,40 a	92,05 ab	93,85 ab	85,50 b	91,35 ab
60	89,05 a	92,15 a	84,60 a	90,85 a	87,80 a	91,20 a
120	96,85 a	85,55 b	91,00 ab	86,15 b	88,10 ab	88,25 ab
240	87,70 a	86,10 a	85,50 a	86,90 a	90,55 a	86,80 a

291 Médias seguidas por letras iguais nas mesmas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de
292 probabilidade. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho +
293 *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U.*
294 *brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si
295 estatisticamente.
296



297
298
299
300
301
302
303
304

Figura 4. Altura média da inserção da espiga de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área com fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).

305 Conforme o quadro de análise de variância, foi testado a significância dos quadrados
306 médios pelo teste F para todas as variáveis, não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) dos
307 consórcios (C) sobre a massa de 100 grãos (M100), diâmetro de colmo (DC), número de fileiras
308 por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE) e produtividade de grãos (PROD) de
309 milho em área com fosfito (Tabela 5). Foi observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) das doses de
N sobre o M100, DC, NGE e PROD, como houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação

310 entre C e doses de N sobre a PROD em área com fosfito. Não houve ajuste significativo
 311 ($p>0,05$) linear ou quadrático da regressão para DC e NGE, houve ajuste linear significativo
 312 para M100 (Tabela 5).

313

314 **Tabela 5.** Resumo da análise de variância para a massa de 100 grãos (M100), diâmetro de
 315 colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE) e
 316 produtividade de grãos (PROD) avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N)
 317 em cobertura, em área com fosfito na safra 2022/2023.

FV	GL	M100	DC	NFE	NGE	PROD
Bloco	3	8,11 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,98 ^{ns}	3677,3 ^{ns}	3936373 ^{ns}
C	5	2,47 ^{ns}	0,51 ^{ns}	7,25 ^{ns}	1133,6 ^{ns}	699908 ^{ns}
Erro a	15	6,15	0,95	4,42	2456,2	1631395
N	3	34,32**	2,11**	4,07 ^{ns}	8372,2*	37711090**
C x N	15	2,18 ^{ns}	0,39 ^{ns}	5,99 ^{ns}	3844,3 ^{ns}	2014109*
Erro b	54	1,87	0,46	5,21	2562,5	953286
CV1 (%)	-	11,11	6,74	12,63	9,10	15,84
CV2 (%)	-	6,12	4,67	13,71	9,30	12,11
Linear		83,47**	0,33 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1641 ^{ns}	51093794**
Quadrática		0,57 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,77 ^{ns}	994 ^{ns}	299314 ^{ns}
Consórcio		M100	DC	NFE	NGE	PROD
M		22,88 a	14,35 a	17,93 a	546,1 a	8067 a
MP		22,34 a	14,65 a	16,39 a	531,0 a	8235 a
MR		22,01 a	14,77 a	16,68 a	550,9 a	7728 a
MS		22,01 a	14,56 a	16,59 a	542,2 a	8297 a
MPS		22,01 a	14,37 a	15,95 a	541,6 a	7929 a
MRS		22,74 a	14,36 a	16,38 a	555,2 a	8557 a
Erro (±)		0,62	0,24	0,53	12,39	319,31

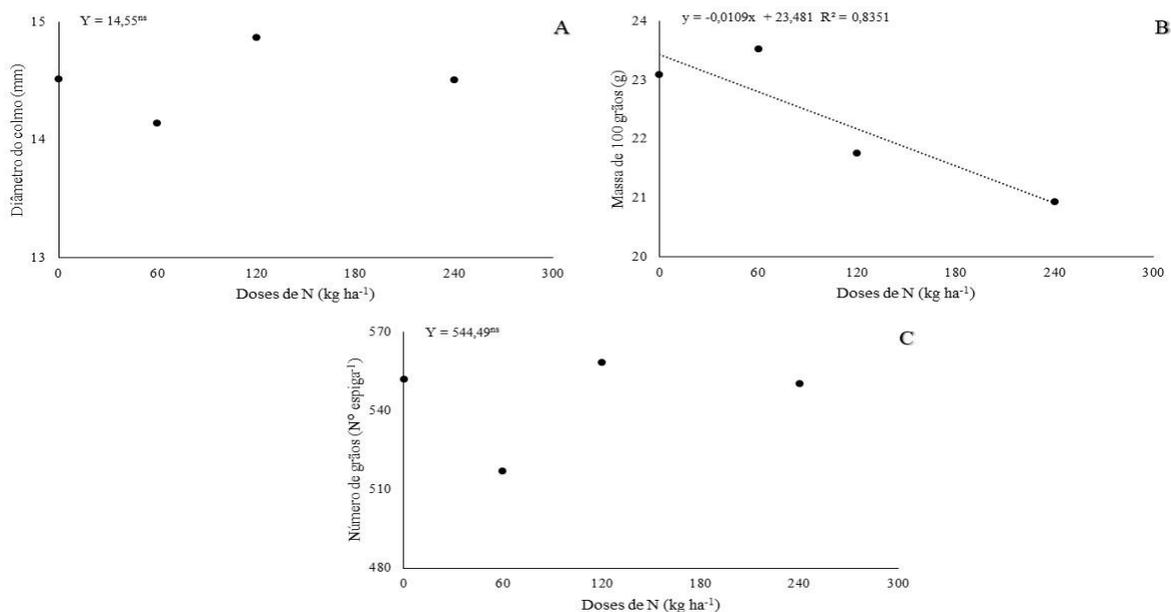
318 * significativo a 5%, ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% e ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade
 319 pelo teste F; FV: fontes de variação; CV: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. milho solteiro (M);
 320 milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS);
 321 milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv.
 322 campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si estatisticamente.
 323

324

325

326

327 Não houve ajuste linear e quadrático significativo das doses de N para o DC e o NGE
 328 (Figura 6A e 6C), porém, foi observado redução da M100 com o aumento das doses de N
 fornecidas em cobertura (Figura 6B).



329 **Figura 5.** Diâmetro do colmo (A), massa de 100 grãos (B) e número de grãos por espiga (C)
 330 de milho em função das doses de nitrogênio (N) em cobertura no milho.
 331
 332

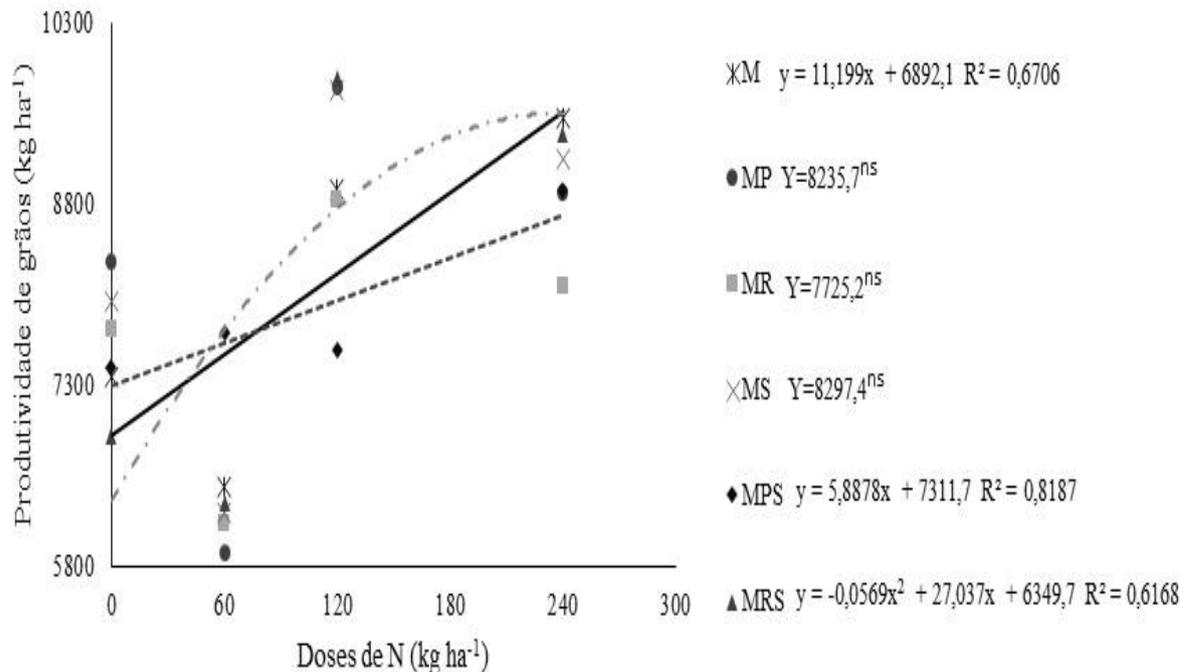
333 Não foi observado efeito dos consórcios sobre a produtividade de grãos de milho nas
 334 doses de 0, 60 e 240 kg ha⁻¹ de N em cobertura, porém, foi verificado maior produtividade de
 335 grãos de milho nos consórcios MP, MS e MRS com aumento de 28, 28 e 29% na produtividade
 336 em comparação ao consórcio MPS, respectivamente (Tabela 6).
 337

338 **Tabela 6.** Produtividade de grãos de milho em função das doses de N e dos consórcios com
 339 milho, em área com fosfito na safra 2022/2023.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Consórcios					
	M	MP	MR	MS	MPS	MRS
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
0	7379,0 a	8327,5 a	7776,0 a	7995,0 a	7462,6 a	6891,0 a
60	6456,5 a	5915,0 a	6168,0 a	6254,0 a	7744,0 a	6323,8 a
120	8923,3 ab	9788,3 a	8837,8 ab	9757,8 a	7598,1 b	9857,3 a
240	9513,0 a	8912,0 a	8121,3 a	9182,8 a	8915,1 a	9380,5 a

340 Médias seguidas por letras iguais nas mesmas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de
 341 probabilidade. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho +
 342 *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U.*
 343 *brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si
 344 estatisticamente.
 345

346 Observando se aumento da produtividade de grãos de milho com o aumento das doses
 347 de N fornecidas em cobertura para os consórcios M e MPS, por outro lado, no consórcio MRS
 348 foi observado a produtividade de grãos máxima calculada de 9.531 kg ha⁻¹ sob a dose calculada
 349 de 237 kg ha⁻¹ de N em cobertura. (Figura 7).



350 **Figura 6.** Produtividade de grãos de milho em função das doses de N e dos consórcios com
 351 milho, em área com fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR);
 352 milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U.*
 353 *ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã +
 354 *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).
 355
 356
 357

358 3.2 Efeito das doses de N e espécies em consórcio sobre componentes produtivos sem 359 aplicação de fosfito

361 Conforme o quadro de análise de variância, foi testado a significância dos quadrados
 362 médios pelo teste F para todas as variáveis, sendo observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos
 363 C sobre o NDVI e EVI e nas demais o efeito foi não significativo (Tabela 7). Foi observado
 364 efeito significativo ($p \leq 0,01$) das doses de N sobre o NDVI, NDRE, SAVI, EVI, AP e AIE,
 365 como houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre C e doses de N sobre a AP e AIE.
 366 Verificando se ajuste quadrático significativo das doses de N sobre o NDVI, NDRE, SAVI e
 367 EVI. Os maiores NDVI e EVI foram observados sob os consórcios MR, MS, MPS e MRS em
 368 relação ao cultivo de M em área sem aplicação de fosfito (Tabela 7).

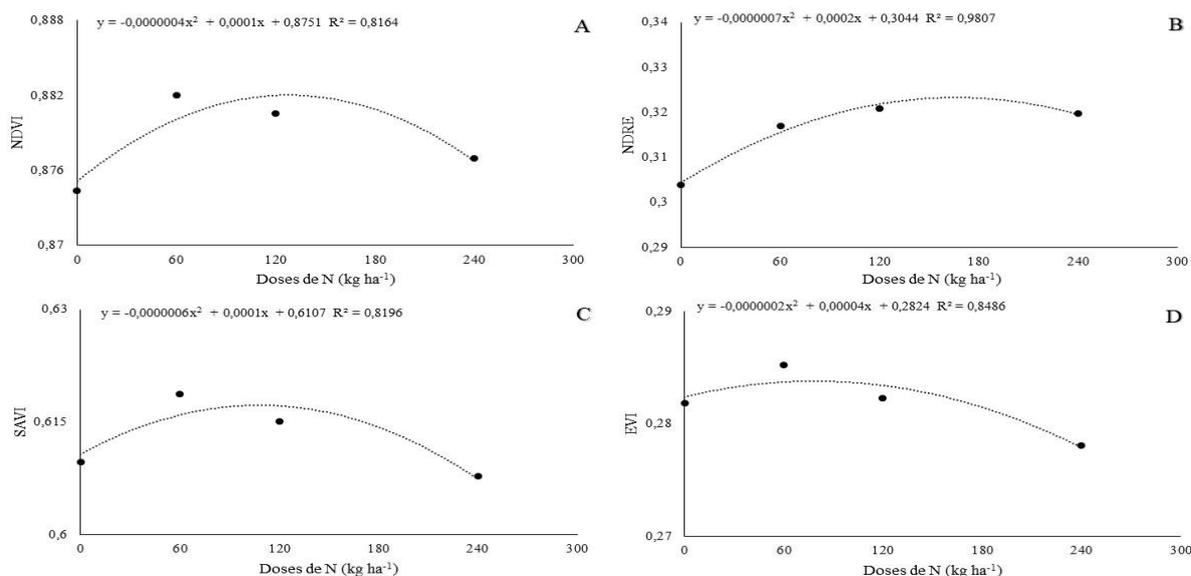
369 **Tabela 7.** Resumo da análise de variância para alturas médias de plantas (AP), altura medias
 370 de inserção da espiga (AIE) e os índices de vegetação (NDVI, NDRE, SAVI e EVI), avaliados
 371 em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio (N) em cobertura, em área sem fosfito na safra
 372 2022/2023.

FV	GL	NDVI	NDRE	SAVI	EVI	AP	AIE
Bloco	3	0,0001 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	0,002 ^{ns}	49,15 ^{ns}	2,72 ^{ns}
C	5	0,0008 ^{**}	0,0006 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,001 [*]	108,61 ^{ns}	33,13 ^{ns}
Erro a	15	0,0002	0,0009	0,0014	0,0005	75,15	41,99
N	3	0,0002 ^{**}	0,0015 ^{**}	0,0006 ^{**}	0,0002 ^{**}	297,91 ^{**}	178,47 ^{**}
C x N	15	0,00002 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,00006 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	121,54 ^{**}	58,59 ^{**}
Erro b	54	0,00003	0,00005	0,00009	0,00003	38,70	2067
CV1 (%)	-	1,43	9,83	6,17	8,14	4,57	6,92
CV2 (%)	-	0,60	2,17	1,61	1,99	3,28	4,86
Linear		0,000007 ^{ns}	0,002 ^{**}	0,0002 ^{ns}	0,0003 ^{**}	779,5 ^{**}	360,12 ^{**}
Quadrática		0,0007 ^{**}	0,002 ^{**}	0,0012 ^{**}	0,0002 [*]	57,05 ^{ns}	29,21 ^{ns}
Consórcio		NDVI	NDRE	SAVI	EVI	AP	AIE
M		0,865 b	0,31 a	0,59 a	0,267 b	190,5 a	93,30 a
MP		0,876 ab	0,32 a	0,61 a	0,277 ab	191,5 a	94,60 a
MR		0,880 a	0,32 a	0,62 a	0,285 a	192,0 a	93,15 a
MS		0,883 a	0,32 a	0,63 a	0,291 a	191,1 a	95,98 a
MPS		0,882 a	0,31 a	0,61 a	0,290 a	187,4 a	92,39 a
MRS		0,884 a	0,31 a	0,62 a	0,281 a	185,4 a	92,23 a
Erro (±)		0,003	0,008	0,009	0,006	2,17	1,62

373 * significativo a 5%, ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% e ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade
 374 pelo teste F; FV: fontes de variação; CV: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. milho solteiro (M);
 375 milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS);
 376 milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv.
 377 campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si estatisticamente.
 378

379 Verificando se ajuste quadrático das doses de N para os índices de vegetação, o ponto
 380 de máxima de 0,88, 0,32, 0,615 e 0,284 dos NDVI, NDRE, SAVI e EVI nas doses calculadas
 381 de 125, 142, 83 e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente, cultivado na área sem
 382 aplicação de fosfito (Figura 8A, 8B, 8C e 8D).

383



384
 385 **Figura 7.** Índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI - A), índice de vegetação pela
 386 diferença normalizada à transição do vermelho (NDRE - B), índice de vegetação ajustado ao
 387 solo (SAVI - C) e índice de vegetação melhorada (EVI – D) em função das doses de nitrogênio
 388 (N) em cobertura no milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023.

389
 390 Observando se um aumento de 9% na AP de milho sob o consorcio M em comparação
 391 com o consorcio MRS sob a dose de 240 kg ha⁻¹ de N em cobertura, nas demais doses não foi
 392 observado diferença entre os consórcios. Foi observado um aumento de 12 e 14% na AIE de
 393 milho sob o consorcio MP e MS em comparação com o consorcio MPS sob a dose de 0 kg ha⁻¹
 394 de N em cobertura, respectivamente, nas demais doses não foi observado diferença entre os
 395 consórcios (Tabela 8).

396

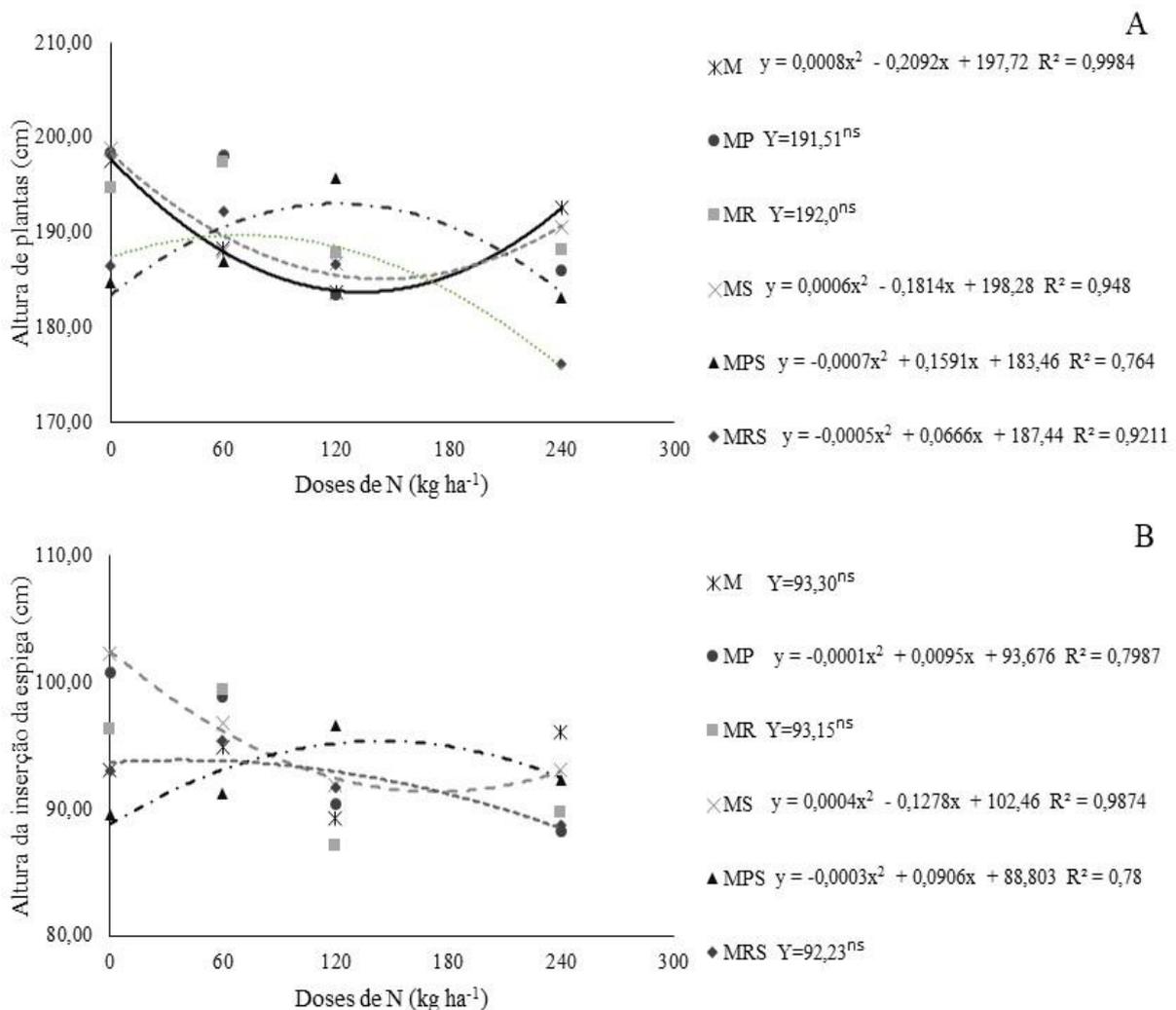
397 **Tabela 8.** Altura de plantas (AP) e altura da inserção da espiga (AIE) em função das doses de
 398 N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Consórcios					
	M	MP	MR	MS	MPS	MRS
	Altura de plantas (cm)					
0	197,60 a	198,45 a	194,75 a	198,90 a	184,80 a	186,50 a
60	188,30 a	198,05 a	197,35 a	188,00 a	187,05 a	192,20 a
120	183,65 a	183,45 a	187,80 a	186,75 a	195,75 a	186,65 a
240	192,65 a	186,10 ab	188,15 ab	190,55 ab	183,25 ab	176,10 b
	Altura da inserção da espiga (cm)					
0	93,05 ab	100,80 a	96,30 ab	102,20 a	89,50 b	93,05 ab
60	94,85 a	98,90 a	99,45 a	96,80 a	91,25 a	95,45 a
120	89,25 a	90,40 a	87,15 a	91,90 a	96,55 a	91,70 a
240	96,05 a	88,30 a	89,70 a	93,05 a	92,25 a	88,70 a

399 Médias seguidas por letras iguais nas mesmas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de
 400 probabilidade. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho +
 401 *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U.*
 402 *brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si
 403 estatisticamente.

404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414

Ouvir ajuste quadrático das doses de N para os consórcios M, MS, MPS e MRS, foi observado menor AP sob a dose calculada de 130 e 151 kg ha⁻¹ de N em cobertura nos consórcios M e MS, respectivamente. Porém, nos consórcios MPS e MRS foi observado máxima AP de 192 e 189 cm nas doses calculadas de 113 e 66 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente (Figura 9A). Foi verificado menor AIE sob a dose calculada de 159 kg ha⁻¹ de N em cobertura nos consórcios MS. Porém, nos consórcios MP e MPS foi observado máxima AIE de 94 e 95 cm nas doses calculadas de 47 e 151 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente (Figura 9B).



415
416
417
418
419
420
421

Figura 8. Altura médias de plantas (A) e altura médias da inserção da espiga (B) de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).

422 Conforme o quadro de análise de variância, foi testado a significância dos quadrados
 423 médios pelo teste F para todas as variáveis, sendo observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos
 424 C sobre o NFE e nas demais o efeito foi não significativo (Tabela 9). Foi observado efeito
 425 significativo ($p \leq 0,05$) das doses de N sobre o M100 e PROD e nas demais o efeito foi não
 426 significativo, como houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação entre C e doses de N sobre
 427 a M100, DC, NFE, NGE e PROD

428 **Tabela 9.** Resumo da análise de variância para a massa médias de 100 grãos (M100), diâmetro
 429 médios de colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE)
 430 e produtividade de grãos (PROD) avaliados em todos os consórcios (C) e doses de nitrogênio
 431 (N) em cobertura, em área sem fosfito na safra 2022/2023.

FV	GL	M100	DC	NFE	NGE	PROD
Bloco	3	3,10 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2653,4 ^{ns}	594260 ^{ns}
C	5	5,66 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,42*	4206,4 ^{ns}	1536439 ^{ns}
Erro a	15	4,49	1,33	0,43	1910,5	802520
N	3	19,32**	2,04 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1874,2 ^{ns}	2245262*
C x N	15	8,54*	3,01**	1,30*	5802,2*	1332810*
Erro b	54	4,03	1,11	0,65	2589,8	636040
CV1 (%)	-	8,53	7,57	4,24	8,31	12,55
CV2 (%)	-	8,08	6,92	4,95	9,67	11,17
Linear		43,34**	4,42*	0,65 ^{ns}	5294 ^{ns}	5407646**
Quadrática		0,56 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,52 ^{ns}	113 ^{ns}	238275 ^{ns}
Consórcio		M100^{ns}	DC^{ns}	NFE^{ns}	NGE^{ns}	PROD^{ns}
M		25,18 a	15,28 a	15,11 a	505,7 a	6909 a
MP		25,70 a	15,53 a	15,60 a	545,6 a	7624 a
MR		24,45 a	15,50 a	15,96 a	543,4 a	7225 a
MS		24,66 a	15,21 a	15,51 a	530,0 a	7279 a
MPS		24,02 a	14,81 a	15,23 a	518,5 a	7057 a
MRS		25,06 a	15,19 a	15,43 a	514,0 a	6742 a
Erro (±)		0,53	0,29	0,16	10,93	223,96

432 * significativo a 5%, ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1% e ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade
 433 pelo teste F; FV: fontes de variação; CV: coeficiente de variação; GL: graus de liberdade. milho solteiro (M);
 434 milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS);
 435 milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv.
 436 campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si estatisticamente.
 437

438
 439 Verificando se aumento de 17% no DC do milho sob o consórcio com MS em
 440 comparação ao consorcio com MRS na dose de 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura, porém na dose de
 441 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi observado aumento de 20 e 22% no DC do milho sob os

442 consórcios MP e MRS em comparação ao consorcio MPS, respectivamente, nas demais doses
443 não houve diferença entre os consórcios (Tabela 10). Foi verificado aumento de 12% no NFE
444 de milho sob o consórcio com MS em comparação ao consorcio com M na dose de 0 kg ha⁻¹ de
445 N em cobertura, porém na dose de 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi observado aumento de 11
446 e 12% no NFE de milho sob os consórcios MP e MR em comparação ao consorcio M,
447 respectivamente, nas demais doses não houve diferença entre os consórcios.

448 Observando se um aumento de 25% no NGE do milho sob o consórcio com MS em
449 comparação ao consorcio com M na dose de 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura, nas demais doses não
450 houve diferença entre os consórcios (Tabela 10). Foi verificado um aumento de 22% no M100
451 de milho sob o consórcio com MRS em comparação ao consorcio com M na dose de 0 kg ha⁻¹
452 de N em cobertura, nas demais doses não houve diferença entre os consórcios (Tabela 10). Foi
453 verificado um aumento de 23% na produtividade de grãos de milho sob o consórcio com MP
454 em comparação ao consorcio com M na dose de 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, nas demais doses
455 não houve diferença entre os consórcios (Tabela10).

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474 **Tabela 10.** Diâmetro do colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos
 475 por espiga (NGE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) de milho em
 476 função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023.

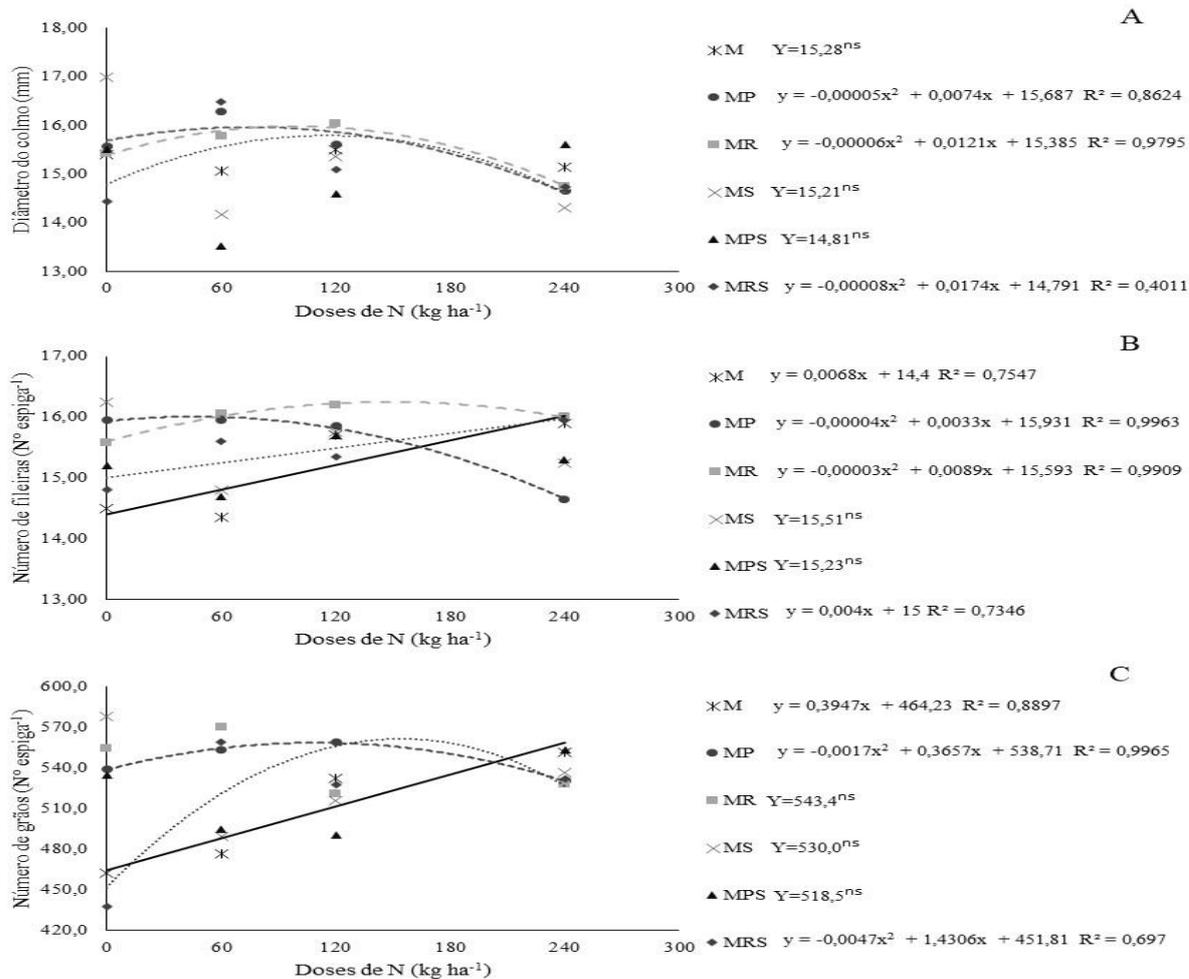
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Consórcios					
	M	MP	MR	MS	MPS	MRS
Diâmetro do colmo (mm)						
0	15,40 ab	15,57 ab	15,43 ab	16,99 a	15,52 ab	14,45 b
60	15,06 ab	16,28 a	15,79 ab	14,17 ab	13,51 b	16,49 a
120	15,51 a	15,62 a	16,04 a	15,37 a	14,59 a	15,10 a
240	15,14 a	14,66 a	14,75 a	14,31 a	15,62 a	14,74 a
Número de fileiras (N° espiga ⁻¹)						
0	14,50 b	15,95 ab	15,58 ab	16,25 a	15,20 ab	14,80 ab
60	14,35 b	15,95 a	16,05 a	14,80 ab	14,70 ab	15,60 ab
120	15,70 a	15,85 a	16,20 a	15,75 a	15,70 a	15,35 a
240	15,90 a	14,65 a	16,00 a	15,25 a	15,30 a	15,95 a
Número de grãos (N° espiga ⁻¹)						
0	462,4 bc	539,1 b	554,7 ab	578,1 a	535,1 b	437,4 c
60	476,7 a	553,6 a	570,4 a	489,4 a	494,5 a	559,5 a
120	532,2 a	559,4 a	520,6 a	515,6 a	490,8 a	527,5 a
240	551,5 a	530,3 a	527,9 a	537,0 a	553,6 a	531,8 a
Massa de 100 grãos (g)						
0	26,18 ab	25,70 ab	25,20 ab	25,35 ab	22,75 b	27,88 a
60	26,38 a	25,70 a	26,55 a	26,15 a	23,58 a	25,98 a
120	24,95 a	25,70 a	23,28 a	23,43 a	23,43 a	24,40 a
240	23,25 a	25,70 a	22,78 a	23,70 a	26,33 a	22,00 a
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)						
0	6950,0 a	7603,8 a	7357,8 a	8166,0 a	6656,5 a	7761,8 a
60	6910,5 b	8524,5 a	7622,3 ab	7699,8 ab	6751,5 b	6835,5 b
120	6574,5 a	7713,8 a	6971,0 a	6960,5 a	7089,8 a	6172,3 a
240	7202,8 a	6657,5 a	6950,8 a	6293,5 a	7731,5 a	6199,8 a

477 Médias seguidas por letras iguais nas mesmas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de
 478 probabilidade. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho +
 479 *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho + *U.*
 480 *brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS). Letras minúscula iguais não diferem entre si
 481 estatisticamente.

482

483

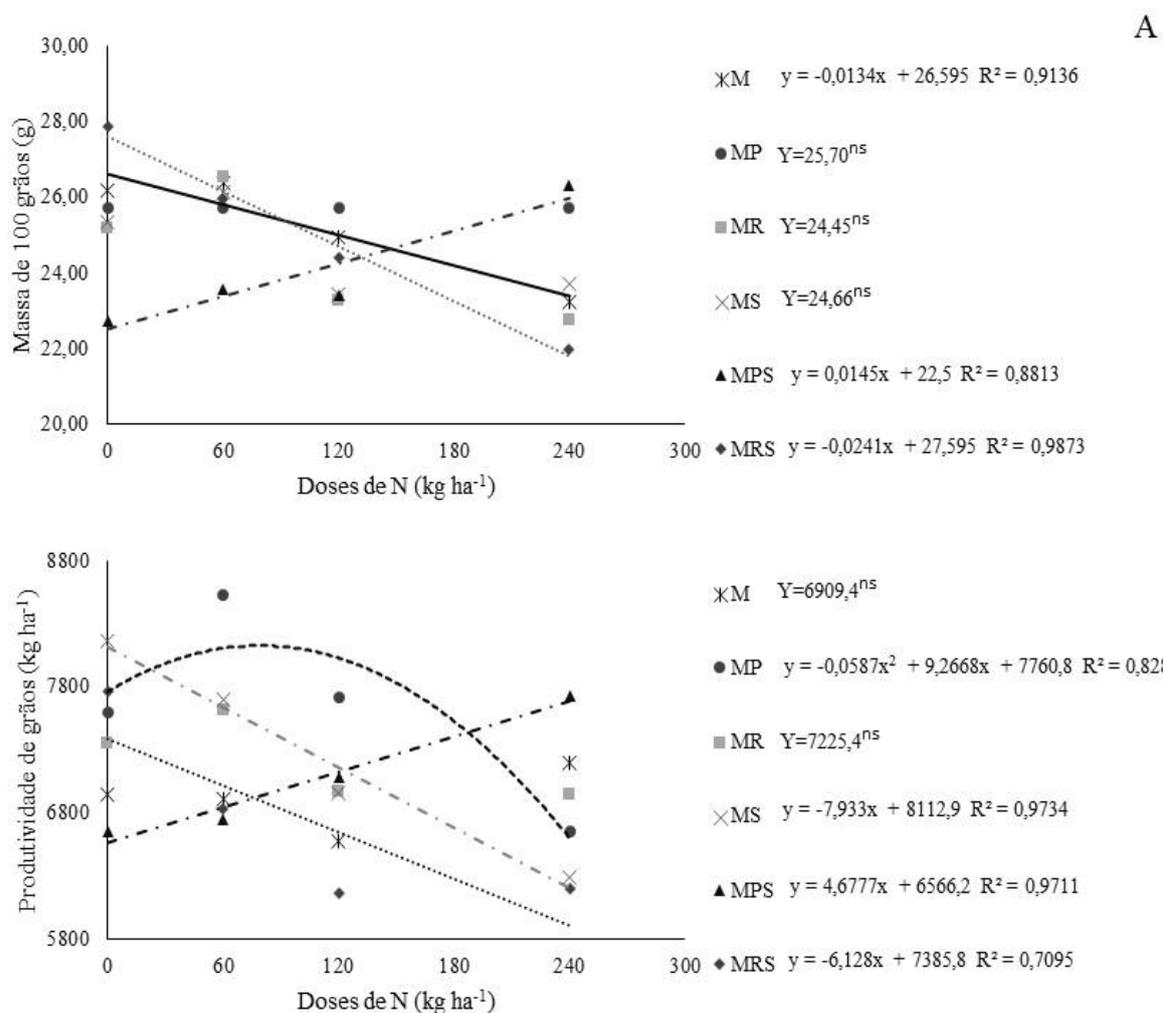
484 Verificando se máximo DC de milho de 15,9, 16,0 e 15,7 mm nas doses calculadas de
 485 74, 100 e 108 kg ha⁻¹ de N em cobertura nos consórcios MP, MR e MRS, respectivamente
 486 (Figura 10A). Foi observado aumento da NFE de milho conforme o aumento das doses de N
 487 fornecidas em cobertura para os consórcios M e MRS, por outro lado, nos consórcios MP e MR
 488 foi verificado máximo NFE de milho de 16,0 e 16,2 fileiras nas doses calculadas de 41 e 148 kg
 489 ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente (Figura 10B). Foi constatado aumento da NGE de
 490 milho conforme o aumento das doses de N fornecidas em cobertura para o consórcio M,
 491 entretanto, nos consórcios MP e MRS foi verificado máximo NGE de milho de 558 e 560 grãos
 492 nas doses calculadas de 107 e 152 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente (Figura 10C).



493

494 **Figura 9.** Diâmetro do colmo (A), número de fileiras por espiga (B) e número de grãos por
 495 espiga (C) de milho em função das doses de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfite
 496 na safra 2022/2023. milho solteiro (M); milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv.
 497 Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv. campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes*
 498 cv. campo grande (MRS); milho + *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande
 499 (MPS).

500 Observando se redução da M100 de milho conforme o aumento das doses de N
 501 fornecidas em cobertura para os consórcios M e MRS, por outro lado, no consórcio MPS houve
 502 um aumento da M100 de milho de acordo com aumento das doses de N em cobertura (Figura
 503 11A). Foi obtido uma redução da produtividade de grãos de milho conforme o aumento das
 504 doses de N fornecidas em cobertura para os consórcios MS e MRS, por outro lado, no consórcio
 505 MPS houve um aumento da produtividade de grãos de milho de acordo com aumento das doses
 506 de N em cobertura. No consórcio MP foi verificado produtividade de grãos máxima 8.126,5 kg
 507 ha⁻¹ na dose calculadas de 79 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figura 11B).



508

509 **Figura 10.** Massa de 100 grãos (A) e produtividade de grãos (B) de milho em função das doses
 510 de N e dos consórcios com milho, em área sem fosfito na safra 2022/2023. milho solteiro (M);
 511 milho + *U. ruziziensis* (MR); milho + *U. brizantha* cv. Piatã (MP); milho + *Stylosanthes* cv.
 512 campo grande (MS); milho + *U. ruziziensis* + *Stylosanthes* cv. campo grande (MRS); milho +
 513 *U. brizantha* cv. Piatã + *Stylosanthes* cv. campo grande (MPS).
 514

515 4 DISCUSSÃO

516

517 O consórcio de culturas de cobertura com milho pode proporcionar vários benefícios
 518 sem afetar a produtividade de grãos do milho. O aumento da densidade de semeadura de
 519 braquiárias ou outras forragens pode reduzir a produtividade do milho entre 5 e 10% devido a
 520 competição com a cultura principal (SILVA et al., 2015; MAKINO et al., 2019). Estudos
 521 demonstraram que o consorcio de leguminosas e gramíneas com milho na semeadura não reduz
 522 a produtividade de grãos de milho quando utilizam a densidade de semeadura correta
 523 (MACHADO FILHO; SILVA, 2013; BATISTA et al., 2020; PARIZ et al. 2020). Como em

524 nosso estudo foi possível verificar maior produtividade de grãos de milho sob os consórcios de
525 MS, MP e MRS, sendo 9% superior ao milho solteiro, e 28% superior ao consórcio de MPS na
526 área com aplicação de fosfito. Porém, na área sem aplicação de fosfito, foi obtido aumento de
527 23% na produtividade de grãos de milho sob o consorcio MP em comparação ao milho solteiro
528 sob adubação de 60 kg ha⁻¹ de N.

529 As culturas de cobertura contribuem para aumentar a cobertura do solo, a produção de
530 matéria seca e a disponibilidade de nitrogênio, que possibilita reduzir o consumo de fertilizantes
531 nitrogenados na cultura (ROSOLEM et al., 2017; CANISARES et al., 2021). Os resultados de
532 produtividades são a resposta associadas a melhora do crescimento das plantas e ao aumento
533 dos componentes produtivos. Foi verificado na área sem aplicação de fosfito, um NFE de 12 e
534 11% superior no consórcio MS e MP em comparação ao milho solteiro na dose de 0 e 60 kg ha⁻¹
535 de N, como o NGE foi 23% superior sob o consorcio MP em comparação ao milho solteiro,
536 sem adubação nitrogenada de cobertura. Estes resultados sob baixo fornecimento de N pode
537 estar associado ao aumento da disponibilidade do nitrogênio no solo proveniente da
538 mineralização do nitrogênio da matéria orgânica (MO) gerada pelas forrageiras dos consórcios
539 podem reduzir o consumo de fertilizante nitrogenado nas culturas de interesse (OSTERHOLZ
540 et al., 2017). O efeito dos resíduos dos consórcios pode ser inibido pelo alto fornecimento de N
541 pela redução da capacidade biológica de mineralização da MO (CLIVOT et al., 2017).

542 A aplicação de cobertura com doses elevadas de N pode aumentar o rendimento da
543 cultura do milho. No entanto, o uso excessivo de fertilizantes pode gerar impactos ambientais.
544 Para minimizar esse problema, técnicas de monitoramento remoto, como os índices de
545 vegetação (IVs), têm sido utilizadas para auxiliar na decisão sobre a quantidade adequada de N
546 a ser fornecida, conforme a necessidade nutricional da cultura (SANTANA et al., 2021). Isso
547 ocorre devido à sensibilidade dos IVs em detectar a coloração verde da vegetação (XUE; SU,
548 2017), sendo que a adubação nitrogenada desempenha um papel fundamental nesse processo.

549 O NDVI é um dos índices mais amplamente utilizados, permitindo a obtenção de dados
550 sobre o dossel das plantas e a identificação do potencial produtivo da lavoura de milho em
551 diferentes estádios fenológicos. Como o SAVI minimiza os efeitos do solo sobre os demais
552 índices que torna o índice mais confiável, e tem maior representatividade do vigor da planta em
553 comparação ao NDVI, permitindo uma maior representatividade da nutrição das plantas de
554 milho (ZHAO et al., 2018). Unir o uso de NDVI com SAVI pode ser destacado pela importância
555 do N na definição do potencial produtivo da cultura do milho, tornando-se uma ferramenta
556 viável para determinar a adubação nitrogenada com base na capacidade produtiva da cultura

557 (VIAN et al., 2018). Porém, os resultados dos dois IVs podem ter resultados contrastantes e não
558 fornecerem uma resposta precisa com relação a tomada de decisão. Neste sentido, foi possível
559 destacar maior NDVI, NDRE, SAVI e EVI sob as doses de 166, 142, 100 e 100 kg ha⁻¹ de N
560 em cobertura na área com fosfito, respectivamente. Como foi verificado maior NDVI, NDRE,
561 SAVI e EVI sob as doses de 125, 142, 83 e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura na área sem fosfito,
562 respectivamente.

563 Com base nos resultados obtidos, utilizar o EVI como ferramenta para determinar a
564 adubação nitrogenada na cultura do milho, pode ser viável, devido ser um índice menos sensível
565 ao fundo do solo quando a cobertura vegetal é baixa, e a adição da faixa azul minimiza distorção
566 de luz refletida por outras partículas, sendo mais sensível que o NDVI sob alta densidade de
567 vegetação saturada pela alta concentração de clorofila (BEHERA et al., 2018). O uso do NDVI
568 juntamente com o EVI podem ser ferramentas precisas para predição do maior desenvolvimento
569 vegetal e possível produtividade de grãos de milho (SHAMMI; MENG, 2020). Sob o cultivo
570 do milho solteiro e o consorcio MPS foi observado maior produtividade de grãos sob maior
571 dose de N, porém, sob o consorcio MRS a maior produtividade de grãos sob a dose estimada
572 de 237 kg ha⁻¹ de N em área com aplicação de fosfito. Por outro lado, em área sem aplicação
573 de fosfito a maior produtividade de grãos sob o consorcio MP foi obtido sob a dose de 79 kg
574 ha⁻¹ de N, condizente com o resultado geral obtidos de SAVI e EVI sem fosfito.

575 O fornecimento de N tem alta influência sob as características agrônômicas e produtivas
576 do milho, e o fornecimento adequado de N em cobertura acelera o crescimento inicial
577 aumentando a altura de plantas, diâmetro do colmo e altura da inserção da espiga (SCOTTA et
578 al., 2018; PATEL et al., 2019). Neste sentido o fornecimento de doses elevadas de N pode ser
579 uma estratégia para reduzir a competição entre os consórcios e a cultura de interesse, pois o
580 maior crescimento inicial do milho aumenta o sombreamento da forrageira e retarda seu
581 crescimento (GONÇALVES et al., 2016). Em área com aplicação de fosfito foi observado
582 maior altura de plantas sob a dose de 125 kg ha⁻¹ de N em cobertura, por outro lado, quando
583 cultivado em área sem aplicação de fosfito foi obtido maior altura de plantas do tratamento M,
584 e os consórcios MPS e MRS sob as doses de 130, 113 e 66 kg ha⁻¹ de N em cobertura,
585 respectivamente. Sendo possível averiguar que o consórcio de MPS e MRS pode reduzir em 16
586 e 49% a adubação nitrogenada devido ao uso dos consórcios com *U. ruziziensis* + *Stylosanthes*
587 e *U. brizantha* + *Stylosanthes*, que permite associar o maior desenvolvimento inicial do milho
588 com e sem consórcio está associado aos resultados obtidos de IVs devido aos dados espectrais
589 nas doses de N de maior resposta.

590 O comportamento supracitado pode ser associado ao aumento da capacidade
591 fotossintética das plantas de milho a partir do maior fornecimento de N e o fornecimento
592 adequado de P, favorecendo o aumento da distribuição e redistribuição do açúcares,
593 carboidratos e água entre os tecidos e a formação dos órgãos reprodutivos da planta de milho
594 (SICHOCKI et al., 2014). A maior eficiência do transporte dos fotoassimilados para as espigas
595 e grãos podem favorecer o aumento do número de grãos, fileiras e a massa de grãos de milho e
596 o aumento da produtividade está inteiramente associado a melhora do conjunto dos
597 componentes produtivos (CAIRES et al., 2016). Os componentes produtivos podem ser
598 alterados com base no fornecimento de N, como foi verificado redução da M100 conforme o
599 aumento do fornecimento de N em cobertura no experimento com aplicação de fosfito. Na área
600 sem aplicação de fosfito foi obtido maior NFE nas doses de 41 e 148 kg ha⁻¹ de N nos consórcios
601 MP e MR, respectivamente, como foi observado maior NGE sob os consórcios MP e MRS nas
602 doses de 107 e 152 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Estes resultados condizem com a maior
603 produtividade de grãos obtida sob a dose 79 kg ha⁻¹ de N sob o consórcio MP, nos consórcios
604 MS e MRS a maior produtividade foi obtido na dose de 0 kg ha⁻¹ de N e sob o consorcio MPS
605 foi observado na maior dose de N. A escolha da planta de cobertura para utilizar no consórcio
606 pode ser decisivo para fornecer a quantidade adequada de N via mineralização e reduzir o
607 consumo de N proveniente da adubação mineral (GARDNER; DRINKWATER, 2009). A alta
608 capacidade de mineralização do N da MO está associado a relação C/N, teor de lignina e
609 celulose do resíduo da planta de cobertura e a atividade da microbiota do solo (MOHANTY et
610 al., 2011).

611 A mineralização líquida e a nitrificação aumentaram na presença da biodiversidade ativa
612 durante o cultivo de gramíneas e leguminosas. As leguminosas fixam N biologicamente na
613 rizosfera radicular, com um efeito contrário no declínio do N em um ecossistema natural
614 (OSTERHOLZ et al., 2017). O aumento da camada de palhada proveniente de leguminosas no
615 solo aumentou o estoque de N disponível para as plantas no solo, além disso, a decomposição
616 das leguminosas e gramíneas favorecem a absorção de vários outros nutrientes, protegendo o
617 solo e sua fertilidade, e a comunidade biológica do solo com mineralização da matéria orgânica
618 para a próxima safra (NENDEL et al., 2019; OUYANG; NORTON, 2020). O N mineralizado
619 no sistema de cultivo da MO atende à demanda microbiana e aumenta consistentemente a
620 absorção de N nas plantas de milho do ciclo subsequente (JALAL et al., 2022). A maior
621 atividade dos microrganismos do solo favorece o aumento da solubilização e/ou mineralização
622 de P orgânico da MO e dos coloides do solo (SUN et al., 2022).

623 Nossos resultados contribuem para um amplo entendimento do benefício do uso de
624 fontes de fosforo pouco solúveis, que ao longo dos cultivos é notável o aumento do teor de P
625 no solo. Além disso, foi possível destacar que o uso do fosfito aplicado de forma sequencial
626 proporcionou plantas de milho maiores e melhorou todos os componentes de produção na
627 terceira safra (safra 2022/2023) inclusive todos os resultados de produtividade de grãos
628 independente da dose de N e do consórcio foi maior no experimento realizado na área com
629 fosfito. O aumento da produtividade e do acúmulo de P em milho foi observado em outro estudo
630 utilizado fosfato natural, onde os resultados mais promissores ocorreram em solo sem aplicação
631 de calcário, solos com maior acidez acelera o processo de liberação do P da fonte de fosfato
632 (BOLDRIN et al., 2021). A utilização de fontes naturais de fosfato, pode proporcionar
633 produtividades semelhantes ao superfosfato triplo no primeiro ano e oferecer efeitos residuais
634 nas estações subsequentes, particularmente em certos tipos de solo, que favorece o
635 desenvolvimento das plantas cultivadas posteriormente (DUARTE et al., 2015). Melhorando a
636 eficiência da absorção de todos os nutrientes pelas plantas pela interação benéficas do aumento
637 da disponibilidade de P e N no solo para uso das raízes.

638

639 **5 CONCLUSÕES**

640

641 As modalidades tratamento de M e o consórcios MPS propiciaram maior produtividade
642 de grãos com a aplicação fosfito na dose de 240 kg ha⁻¹ de N, sob o consórcio MRS a maior
643 produtividade de grãos na dose de 237 kg ha⁻¹ de N.

644 As modalidades de consórcio MPS proporcionou maior produtividade de grãos sem a
645 aplicação fosfito na dose de 240 kg ha⁻¹ de N, sob o consórcio MP a maior produtividade de
646 grãos na dose de 79 kg ha⁻¹ de N.

647 O aumento de doses de N influenciou positivamente à altura de plantas, altura da
648 inserção da espiga e diâmetro do colmo até a dose de 130 kg ha⁻¹ de N na área sem aplicação
649 de fosfito, e aumento da altura da inserção da espiga na dose 125 kg ha⁻¹ de N com aplicação
650 de fosfito, como os componentes de produção melhoraram até a dose de 240 kg ha⁻¹ de N na
651 área sem aplicação de fosfito.

652 Os índices de vegetação NDVI, NDRE, SAVI e EVI fornecem máxima refletância do
653 dossel vegetal apenas para entre as doses de 100 e 166 kg ha⁻¹ de N na área com aplicação de
654 fosfito e entre 83 e 142 kg ha⁻¹ de N na área sem aplicação de fosfito.

655

656 **6 REFERÊNCIAS**

657

658

659 ALMEIDA, R. E. M.; GOMES, C. M.; LAGO, B. C.; OLIVEIRA, S. M. de; PIEZORAN
660 JUNIOR, C.; FAVARIM, J. L. Corn yield, forage production and quality affected by methods
661 of intercropping corn and *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.3,
662 p.170-176, 2017.

663

664 AMOSSÉ, C.; JEUFFROY, M. H.; CELETTE, F.; DAVID, CHRISTOPHE, D. Relay-
665 intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. **European**
666 **Journal of Agronomy**, v.49, n.3, p.158-167, 2013.

667

668 BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of plant nutrition**, 2 ed. CRC Press; Boca
669 Raton, 2015. 773p.

670

671 BATISTA, V. V.; HOSSA, R. A.; LEMES, E. S.; OLIGINI, K. F.; BARHY, C. A.; ADAMI,
672 P. F. Methods of intercropping cover crops with maize in southern Brazil. **Journal of**
673 **Agronomy**, v.19, n.1, p.14-23, 2020.

674

675 BEHERA, M. D.; GUPTA, A. K.; BARIK, S. K.; DAS, P.; PANDA, R. M. Use of satellite
676 remote sensing as a monitoring tool for land and water resources development activities in an
677 Indian tropical site. **Environmental Monitoring and Assessment Volume**, v.190, n.2, p.1-21,
678 2018.

679

680 BOLDRIN, P. F.; REIS, A. C. P. dos; BENITES, V. de M.; TAVARES, R. L. M.; MENEZES,
681 J. F. S. CANTÃO, V. C. G. Soil Phosphorus and Corn Development Under Application of
682 Phosphate Sources. **Journal of Agricultural Science**, v.13, n.9, p.1-15, 2021.

683

684 CASTRO, M. A.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CRUZ, G. H. M. Atributos físico-
685 hídricos do solo ocupado com pastagem degradada e floresta nativa no Cerrado Sul-Mato-
686 Grossense. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba-MG, v. 3, n. 2, p. 498- 512, 2012.

687

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

691

692 CANISARES, L. P.; ROSOLEM, C. A.; MOMESSO, L.; CRUSCIOL, C. A. C.; VILLEGAS,
693 D. M.; ARANGO, J.; RITZ, K.; CANTARELLA, H. Maize-Brachiaria intercropping: A
694 strategy to supply recycled N to maize and reduce soil N₂O emissions. **Agriculture**
695 **Ecosystems & Environment**, v.319, n.2, p.1-17, 2021.

696

697 CLIVOT, H.; MARY, B.; VALÉ, M.; COHAN, J.; CHAMPOLIVIER, L.; PIRAUX, F.;
698 LAURENT, F.; JUSTES, E. Quantifying in situ and modeling net nitrogen mineralization from
699 soil organic matter in arable cropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v.111, n.2,
700 p.44-59, 2017.

701

702 CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de**
703 **Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n.12, décimo segundo levantamento, setembro 2023.
704 Disponível em: < [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0)
705 [graos?limitstart=0](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0)>. Acessado em Janeiro de 2024.

706

707 COSTA, P. M.; VILLELA, S. D. J.; LEONEL, F. de P.; ARAÚJO, S. A. do C.; ARAÚJO, K.
708 G.; RUAS, J. R. M.; COELHO, F. S.; ANDRADE, V. R. Intercropping of corn, brachiaria grass
709 and leguminous plants: productivity, quality and composition of silages. **Revista Brasileira de**
710 **Zootecnia**, v.41, n.10, p.2144-2149, 2012.

711

712 CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, E. B.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O.
713 Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisade grass cover crops.
714 **Agronomy Journal**, v.107, n.6, p.2271–2280, 2015.

715

716 DHILLON, J.; TORRES, G.; DRIVER, E.; FIGUEIREDO, B.; RAUN, W. R. World
717 phosphorus use efficiency in cereal crops. **Agronomy Journal**, v.109, n.2, p.1670–1677, 2017.

718

719 DUARTE, R. F.; SANTANA, C. S.; FERNANDES, L. A.; SILVA, I. C. B. da; SAMPAIO, R.
720 A.; FRAZAO, L. A. Phosphorus availability from natural and soluble phosphate sources for

721 irrigated corn production. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.32, p.3101-
722 3106, 2015.

723 EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação
724 de Solos. Brasília, Embrapa solos, 5 ed. 2018, p. 356.

725

726 FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Informativo março de 2023**.

727

728 GALINDO, F. S.; PAGLIARI, P. H.; SILVA, E. C. da; LIMA, B. H. de; FERNANDES, G. C.;
729 THIENGO, C. C.; BERNARDES, J. V.; JALAL, A.; OLIVEIRA, C. E. S.; VILELA, L. de S.;
730 FURLANI JUNIOR, E.; NOGUEIRA, T. A. R.; NASCIMENTO, V. do; TEIXEIRA FILHO,
731 M. C. M.; LAVRES, J. Impact of nitrogen fertilizer sustainability on corn crop yield: the role
732 of beneficial microbial inoculation interactions. **BMC Plant Biology**, v.24, n.2, p.1-19, 2024.

733

734 GARDNER, J. B.; DRINKWATER, L. E. The fate of nitrogen in grain cropping systems: a
735 meta-analysis of 15N field experiments. **Ecological Application**, v.19, n.8, p.2167–2184, 2009.

736

737 GAZOLA, B.; MARIANO, E.; ANDRADE, M. G. O.; COSTA, V. E.; ROSOLEM, C. A. Fate
738 of fertilizer N applied to maize intercropped with forage grass and recovery of residual N by
739 soybean in a double cropping system. **Plant Soil**, v.496, n.2, p.205–219, 2024.

740

741 GONÇALVES, A. K. D. A.; SILVA, T. R. B. D.; BRANDÃO, A. G. Manejo de adubação
742 nitrogenada em milho solteiro e em consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista**
743 **Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p.318–327, 2016.

744

745 HEUER, S.; GAXIOLA, R.; SCHILLING, R.; HERRERA-ESTRELLA, L.; LÓPES-
746 ARREDONDO, M. W.; DELHAIZE, E.; ROUACHED, H. Improving phosphorus use
747 efficiency: a complex trait with emerging opportunities. **The Plant Journal**, v.90, n.4, p.868-
748 885, 2017.

749

750 JALAL, A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; OLIVEIRA, C. E. da S.; KHAN, A.; BOLETA, E.
751 H. M.; SILVA, A. L. M. da; SHAH, T. Legumes effect on nitrogen mineralization and microbial
752 biomass potential in organic farming. In: Meena, R. S.; Kumar, S. (Org.). **Advances in**

753 **Legumes for Sustainable Intensification**. 1ed.Cambridge: Academic Press, 2022, v. 1, p. 281-
754 306.
755
756 LADHA, J. K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C. K.; CASSMAN, KK. G.; VERMA, S.;
757 POWLSON, D. S.; KESSEL, C. V.; RICHTER, D de B.; CHAKRABORTY, D.; PATHAK,
758 H. Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat
759 production systems. **Scientific Reports**, v.6, 2016.
760
761 LIMA, P.L.T.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; QUINTON, J. Soil loss by water erosion in areas
762 under maize and jack beans intercropped and monocultures. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,
763 v. 38, n. 2, p. 129-139, Mar. 2014.
764
765 LINO, A. C. M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.;
766 MAESTRELO, P. R.; RODRIGUES, M. A. C. Effect of phosphorus applied as
767 monoammonium phosphate-coated polymers in corn culture under no-tillage system. **Semina:
768 Ciências Agrárias**, v.39, p.99–112, 2018.
769
770 MACHADO FILHO, G. C.; SILVA, F. R.; Benefícios sociais, econômicos e ambientais dos
771 sistemas agroflorestais (SAFs) em pequenas propriedades rurais. **Inclusão Social**, v. 6, n. 1,
772 2013.
773
774 MAKINO, P. A.; CECCON, G.; FACHINELLI, R. Produtividade e teor de nutrientes em
775 populações de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. **Revista Brasileira de
776 Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.18, n.2, p.206–220, 2019.
777
778 MANNA M.; ACHARY V. M.; ISLAM T.; AGRAWAL P. K.; REDDY M. K. The
779 development of a phosphite-mediated fertilization and weed control system for rice. **Scientific
780 Reports**, v.6, n.2, p.1-13, 2016.
781
782 MOHANTY, M.; REDDY, K. S.; PROBERT, M. E.; DALAL, R. C.; RAO, A. S.; MENZIES,
783 N. W. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory
784 incubation study. **Ecological Modelling**, v.222, n.3, p.719–726, 2011.
785

786 MOMESSO, L.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; VYN, T. J.; TANAKA, K. S.;
787 COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J.; CATARELLA, H. Impacts of nitrogen management
788 on no-till maize production following forage cover crops. **Agronomy Journal**, v.111, n.1,
789 p.639–649, 2019.

790

791 MORALES-MORALES, E. J.; MARTÍNEZ-CAMPOS, A. R.; LÓPEZ-SANDOVAL, J. A.;
792 GONZÁLEZ, A. M. C.; RUBÍ-ARRIAGA, M. Los fosfitos y sus aplicaciones en la agricultura.
793 **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.13, n.2, p.345-354, 2022.

794

795 ALMEIDA, R. E. M. de; FAVARIN, J. L.; OTTO, R.; PIEROZAN JUNIOR, C.; OLIVEIRA,
796 S. M. de.; TEZOTTO, T.; LAGO, B. C.; SIMON, J. **Importância da adubação nitrogenada**
797 **no consórcio de milho com braquiária no oeste baiano**. Palmas, TO: Embrapa Pesca e
798 Aquicultura, 2017. 28p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 21).

799

800 NENDEL, C., MELZER, D., THORBURN, P. J. The nitrogen nutrition potential of arable soils.
801 **Scientific Reports**, v. 9, n.1, p. 1–9, 2019.

802

803 OLIVEIRA, S. M. D. ALMEIDA, E. M. de; PIEROZAN JUNIOR, C.; REIS, A. F. de B.;
804 SOUZA, L. F. N.; FAVARIN, J. L. Contribution of corn intercropped with *Brachiaria* species
805 to nutrient cycling. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 49, 2019.

806

807 OLIVEIRA, O. H.; CECCON, G.; CAPRISTO, D. P.; FACHIELLI, R.; GUIMARÃES, A. G.
808 *Azospirillum brasilense* in corn grown single and intercropped with *Urochloa* in two
809 contrasting soils. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.57, e02729, 2022.

810

811 OSTERHOLZ, W. R.; RINOT, O.; LIEBMAN, M.; CASTELLANO, M. J. Can mineralization
812 of soil organic nitrogen meet maize nitrogen demand? **Plant Soil**, v.415, n.2, p.73–84, 2017.

813

814 OUYANG, Y.; NORTON, J. M. Short-term nitrogen fertilization affects microbial community
815 composition and nitrogen mineralization functions in an agricultural soil. **Applied**
816 **Environmental Microbiology**, v.86, n.5, e02278, 2020.

817

818 PATEL, S.; SAWYER, J. E.; LUNDVAL, J. P. Can Management Practices Enhance Corn
819 Productivity in a Rye Cover Crop System? **Agronomy Journal**, v.111, n.5, p.3161-3171, 2019.
820

821 PARIZ, C. M. COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; MEIRELES, P. R. L.; CASTILHOS, A. M.;
822 ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; MARTELLO, J. M.; SOUZA, D. M.; PROTES, V. M.;
823 LONGHINI, V. Z.; FRANZLUEBBERS, A. J. Production, nutrient cycling and soil
824 compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. **Nutrient Cycling**
825 **in Agroecosystems**, v.108, n.1, p.35–54, 2017.
826

827 PARIS, C. M.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C. CASTILHOS, A. M. de; MEIRELLES, P.
828 R. de L. CALONEGO, J. C.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, D. M. de; CRUZ, I. V.; LONGHINI,
829 V. Z.; PROTES, V. M.; SARTO, J. R. W.; PIZA, M. L. S. de; MELO, V. F. de P.; SEREIA, R.
830 C.; FACHIOLLI, D. F.; ALMEIDA, F. A.; SOUZA, L. G. M. de; FRANZLUEBBERS, A. J.
831 An Innovative Corn to silage-grass-legume intercropping system with oversown black oat and
832 soybean to silage in succession for the improvement of nutrient cycling. **Frontiers in**
833 **Sustainable Food Systems**, v.4, 2020.
834

835 PENN, C. J.; CAMBERATO, J. A critical review on soil chemical processes that control how
836 soil pH affects phosphorus availability to plants. **Agriculture**, v.9, n.2, p.1-20 2019.
837

838 ROBERTS, T. L., JOHNSTON, A. E. Phosphorus use efficiency and management in
839 agriculture. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, n.2, p.275-281, 2015.
840

841 ROCHA, K. F.; MARIANO, E.; GRASSMANN, C. S.; TRIVELIN, P. C. O.; ROSOLEM, C.
842 A. Fate of 15N fertilizer applied to maize in rotation with tropical forage grasses. **Field Crops**
843 **Research**, v.238, n.1, p.35–44, 2019.
844

845 ROSOLEM, C.A.; RITZ, K.; CANTARELLA, H.; GALDOS, M. V.; HAWKESFORD, M. J.;
846 WHALLEY, W. R.; MOONEY, S. J. Chapter five - Enhanced plant rooting and crop system
847 management for improved N use efficiency. **Advances in Agronomy**, v.146, n.2, p.205–239,
848 2017.
849

850 SANTANA, D. C. COTRIM, M. F.; FLORES, M. S.; BAIO, F. H. R.; SHIRATSUCHI, L. S.;
851 SILVA JUNIOR, C. A. da S.; TEORODO, L. P. R.; TEODORO, P. E. UAV-based
852 multispectral sensor to measure variations in corn as a function of nitrogen topdressing. **Remote**
853 **Sensing Applications: Society and Environment**, v.23, n.2, p.1-20, 2021
854

855 SCOPEL, E.; TRIOMPHE, B.; AFFHOLDER, F.; SILVA, F. A. M. da.; CORBEELS, M.;
856 XAVIER, J. H. V.; RECOUS, S.; BERNOUX, M.; BLANCHART, E.; MENDES, I. de C.;
857 TOURDONNET, S. de. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical
858 conditions, performances and impacts; a review. **Agronomy for Sustainable Development**,
859 v.33, n.1, p.113-130, 2013.
860

861 SCOTTA, R. G. M.; MACHADO FILHO, G. C.; PELUZIO, J. M.; CARVALHO, E. V.;
862 DOTTO, M. A.; AFFÉRI, F. S. Efeitos de adubação nitrogenada de cobertura em milho
863 consorciado. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.3, p.73-80, setembro,
864 2018.
865

866 SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Efeito da época
867 e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os
868 componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Ciências Agrárias**, v.35, n.2, p.55-
869 66, 2014.
870

871 SHAMMI, S. A.; MENG, Q. Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth
872 metrics for yield modeling. **Ecological Indicators**, v.121, n.2, p.1-14, 2020.
873

874 SICHOCKI, D.; GOTT, R. M.; FUGA, C. A. G.; AQUINO, L. A.; RUAS, R. A. A.; NUNES,
875 P. H. M. P. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira**
876 **de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, p.48-58, 2014.
877

878 SIELING, K.; KAGE, H. Apparent fertilizer N recovery and the relationship between grain
879 yield and grain protein concentration of different winter wheat varieties in a long-term field
880 trial. **European Journal of Agronomy**, v.124, n.2, p.1-19, 2021.
881

882 SILVA, D. V. PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M. de.; SILVA, A. A. da.; SEDIYAMA,
883 T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do
884 milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, v.45, n.4, p.1394-1400, 2015.
885
886 SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R.; TEODORO, L. P. R.; SILVA JUNIOR, C. A. da.; BORGES,
887 R. S.; TEODORO, P. E. UAV-multispectral and vegetation indices in soybean grain yield
888 prediction based on in situ observation. **Remote Sensing Applications: Society and**
889 **Environment**, v.18, n.1, p.1-20, 2020.
890
891 SUN, H. WU, Y.; ZHOU, J.; YU, D.; CHEN, Y. Microorganisms drive stabilization and
892 accumulation of organic phosphorus: An incubation experiment. **Soil Biology and**
893 **Biochemistry**, v.172, n.2, p.1-22, 2022.
894
895 TCHUENTEU T. L.; EMILLIENNE, A.; CLAUTILDE, M. Intercropping *Zea mays* with
896 *Stylosanthes guianensis* better improves sustainable agropastoral productions in Sub-Saharan
897 Africa. **Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences**, v.28, n.2, p.1-13, 2020
898
899 VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; SILVA, P. R. F. da.; SANTI, A. L.; GIORDANO, C. P. da
900 S.; SANTOS, F. L. dos. Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do
901 milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p.91-100, 2018.
902
903 VINAS, M.; MENDEZ, J. C.; JIMÉNEZ, V. M. Effect of foliar applications of phosphites on
904 growth, nutritional status and defense responses in tomato plants. **Scientia Horticulturae**,
905 v.265, n.4, p.1-16, 2020.
906
907 XUE, J.; SU, B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments
908 and Applications. **Journal of Sensors**, v.2017, n.1, p.1-17, 2017.
909
910 ZHAO, B. DUAN, A.; ATA-UL-KARIM, S.; LIU, Z.; CHEN, Z.; GONG, Z.; ZHANG, J.;
911 XIAO, J.; LIU, Z.; QIN, A.; NING, D. Exploring new spectral bands and vegetation indices
912 for estimating nitrogen nutrition index of summer maize. **European Journal of Agronomy**,
913 v.93, n.1, p.113-125, 2018.